

Multivariate Vorhersage unterschiedlich komplexer Reaktionsformen

Inaugural - Dissertation

zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Philosophie
des Fachbereichs 12
der Freien Universität Berlin
(Erziehungswissenschaften)

vorgelegt von
Detlev Liepmann
aus Berlin

Berlin 1975



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41533913_0024

Multivariate Vorhersage unterschiedlich komplexer Reaktionsformen

Inaugural - Dissertation

zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Philosophie
des Fachbereichs 12
der Freien Universität Berlin
(Erziehungswissenschaften)

vorgelegt von
Detlev Liepmann
aus Berlin

Berlin 1975

Gedruckt mit Genehmigung

des Fachbereichs 12 der Freien Universität Berlin

(Erziehungswissenschaften)

Fachbereichsrats-Vorsitzender: Prof.Dr. B. S C H W E N K



1. Referent : Prof.Dr. Adolf Otto J A G E R

2. Referent : Prof.Dr. Meinrad P E R R E Z

Tag der mündlichen Prüfung: 22.5.1975

INHALTSVERZEICHNIS

1.	ALLGEMEINE VORBEMERKUNGEN	5
2.	VERHALTEN UND INFORMATION	8
3.	STIMULUS-RESPONSE-ABHÄNGIGKEIT DER REAKTIONSZEIT	
3.1.	Der Einfluß unterschiedlicher Sinnesmodalitäten	15
3.2.	Informationsgehalt der zu übertragenen Information	18
3.3.	Reiz-Reaktions-Kompatibilität	21
3.4.	Die Verarbeitung von Mehrfach-Signalen	
3.4.1.	Die psychische Refraktärzeit	25
3.4.1.1.	Single-Channel-Theory	29
3.4.1.2.	Central Refractoriness Theories	33
3.4.1.2.	Preparatory State Theory	34
3.4.2.	Verarbeitung gleichzeitig auftretender Reize	
3.4.2.1.	Verarbeitung auditiver Reize	37
3.4.2.2.	Filtertheorie von BROADBENT	38
3.4.3.	Simultane bzw. sukzessive Darbietung von Reizen aus unterschiedlichen Sinnesmodalitäten	41
3.4.3.1.	Die Auswirkung eines vorangegangenen bzw. nachfolgenden auditiven Reizes auf die Verarbeitung visueller Information	43
3.4.3.2.	Experimentelle Befunde der intersensorischen Facilitation	47
3.4.3.3.	Das Energie-Integrations-Modell von BERNSTEIN	49
3.4.3.4.	Das Energie-Summations-Modell von NICKERSON	51
4.	DER EINFLUSS VON PERSONENPARAMETERN i.w.S. AUF DIE REAKTIONSZEIT	
4.1.	Instruktion und Motivation	54
4.2.	Alter und Geschlecht	56
4.3.	Behalten und Wiedererkennen	59
4.4.	Bedeutsamkeit und Informationsverarbeitung	60
4.5.	Aufmerksamkeit, Aktivierung, Arousal	63
4.5.1.	Aktivierung und Leistung	67
4.6.	Vigilanz	68
4.7.	Orientierungs- und Defensivreaktionen	72
4.7.1.	Die Beziehung zwischen Einstellungsurteilen und Orientierungs- bzw. Defensivreaktionen	76

5.	FRAGESTELLUNG UND ZIELE DER EMPIRISCHEN UNTERSUCHUNG	80
6.	KONZEPTION DES UNTERSUCHUNGSDESIGNS	85
6.1.	Statistisch multivariater Ansatz	85
6.1.1.	Verfahren der multiplen Regressionsanalyse	86
6.1.2.	Interdependenzanalyse	88
6.2.	Das Moderatorkonzept	90
6.3.	Variablen- und Personenstichprobe	92
7.	DATENERFASSUNG	94
7.1.	Experimentalpsychologische Erhebungen	94
7.1.1.	Das Reaktionszeit-Experiment	94
7.1.2.	Der Tracking-Versuch	95
7.1.3.	Das Distraktions-Experiment	97
7.1.4.	Erste Variablenliste zum Reaktionszeit- und Distraktions-Experiment	98
7.1.5.	Erste Variablenliste des Tracking-Versuchs	101
7.2.	Kontrollvariablen	103
7.3.	Persönlichkeitsvariablen	104
7.4.	Fragebögen zur subjektiven Befindlichkeit	105
7.5.	Wiedererkennen und Behaltensleistung	106
7.6.	Geräuschkalierung	107
8.	PROBLEMATIK DER DATENREDUKTION	108
8.1.	Allgemeine Vorüberlegungen	
8.1.1.	Fragen der Skalenqualität	108
8.1.2.	Stabilität multipler Datenstrukturen	109
8.2.	Faktorenanalyse als Möglichkeit der Datenreduktion	110
8.2.1.	Konzept der Image-Analyse	112
8.3.	Die Erstellung übergeordneter Variablen	113
8.3.1.	Faktorenstruktur der Persönlichkeitsvariablen, der Variablen zur subjektiven Befindlichkeit, sowie zum Behalten und Wiedererkennen	113
8.3.2.	Faktorenstruktur des Reaktionszeit- und Distraktions-Experiments	123

8.3.3.	Faktorenstruktur des Tracking-Versuchs	128
8.3.4.	Variablen zur Komplexität des Reaktionsverhaltens	141
9.	ERSTE ERGEBNISSE	
9.1.	Statistische Signifikanz vs. Relevanz	143
9.2.	Reduktion des Prädiktorsatzes	143
9.3.	Multiple Korrelationsanalysen	147
9.3.1.	Einfache Reaktionszeit als Kriteriumsvariable	149
9.3.2.	Analysen für Kriterien des Distraktions-Experiments	151
9.3.3.	Kriteriumsvorhersage der Tracking-Aufgabe	154
9.3.4.	Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse	155
9.4.	Mögliche Moderatoren des Reaktionsverhaltens	
9.4.1.	Alter und Geschlecht als Moderatoren	158
9.4.2.	Intersensorische Facilitation als Moderator	159
9.5.	Diskussion der Untersuchungsergebnisse	160
9.6.	Abschließende Bemerkungen	164
10.	Anhang	166
	Literaturverzeichnis	201

1. ALLGEMEINE VORBERMERKUNGEN

In der hochentwickelten technifizierten Umwelt, haben sich besonders die für den Menschen durchzuführenden Arbeiten sehr gewandelt. Der Operateur am Leitstand oder in der Datenverarbeitung, der Controller vor dem Radarschirm in der Flugsicherung, der Arbeiter im modernen Produktionsprozess etc., sie alle zeichnen sich immer weniger in ihrer Arbeit durch Kraftaufwand oder manuelle Betätigung aus. Dafür werden im erhöhten Maße Leistungen auf dem Gebiet der Informationsaufnahme und Informationsverarbeitung, sowie bei der Umsetzung in motorische Reaktionen verlangt.

Diese Leistungen reichen vom Entdecken seltener Signale, über die Diskriminierung unterschiedlicher Konfigurationen bis zur Ausführung bestimmter Korrekturbewegungen. Lange Zeit versuchte man, die daraus resultierende Problematik auf eine Analyse der Reiz- sowie Reaktionsparameter zu beschränken.

Heute weiß man, daß die Einbeziehung von Personenparametern i.w.S. einen sehr gewichtigen Varianzanteil des Reiz-Reaktions-Geschehens erklären kann.

Als ein zentraler Zugang für die vielschichtige Problematik wird häufig die zeitliche Komponente des Informationsablaufes gesehen, der gewöhnlich durch die Erfassung der Reaktionszeit gekennzeichnet wird. So ist beispielsweise die Reaktionszeit das Kriterium zur Selektion optimaler Reiz-Reaktions-Konstellationen bei Schalttafeln, kann als Beurteilungsmaßstab für Überwachungsaufgaben herangezogen werden, als Entscheidungshilfe für die Optimierung von Übungsprogrammen u.v.m.

Betrachtet man die Psychological Abstracts der letzten Jahrzehnte, so findet man, mit geringen Schwankungen, einen kontinuierlichen Anstieg von Arbeiten, die unter dem Stichwort "REACTION TIME" verzeichnet sind.

Die Reaktionszeitforschung läßt sich in zwei große Blöcke aufteilen, die teilweise auch historisch bedingt sind. Wir haben es einerseits

mit einem Forschungsansatz zu tun, bei dem die Analyse der Reiz- und Reaktionsseite im Vordergrund steht. Weitgehend ausgeklammert wurde das Einwirken von Personenparametern auf den zwischen Reiz und Reaktion ablaufenden Verarbeitungsprozess. Die im Laufe der Jahre immer stärkere Einbeziehung kognitiver Betrachtungsweisen und die Ausweitung physiologischer Forschungsansätze auf die Psychologie eröffnete neue Möglichkeiten. In zunehmenden Maße wurden Fragestellungen formuliert, die über das bloße Betrachten von Reiz-Reaktions-Beziehungen hinausgingen. Verstärkt wurden Variablen, die an der Person anzusiedeln sind, in die Betrachtung mit einbezogen. Physiologische Indices als Korrelat psychischer Prozesse wurden dabei immer häufiger in die Interpretationen integriert.

Diese beiden unterschiedlichen Betrachtungsweisen bestimmen nicht unerheblich die Gliederung der Arbeit. Wir geben zuerst einen Überblick über die Reaktionszeitforschung im Bereich der Reiz- und Reaktionsparameter. Der zweite Teil stellt eine kritische Betrachtung des Einflusses von Personenparametern auf das Reaktionsverhalten dar. Hierbei stehen u.a. physiologische Ansätze im Vordergrund, aus denen sich erste Fragestellungen für eine empirische Überprüfung ableiten lassen, die im Anschluß daran referiert wird. Dabei steht für uns die Überlegung im Vordergrund, daß unterschiedliche Reaktionsformen und Reaktionsanforderungen (genaue Beschreibung s.u.) mit divergierenden Personenparametern kovariieren.

Wir schlagen an dieser Stelle folgende Definition von Reaktionszeit (RT) vor: Wir glauben, es ist nicht die Zeit, die gebraucht wird für die Ausführung einer Reaktion. Vielmehr verstehen wir darunter die Zeit, die benötigt wird eine 'overt response' zu zeigen. Die Reaktionszeit ist das Zeitintervall zwischen einem Stimulus und einer Response. Die Response kann nicht genauso schnell den Organismus verlassen, wie sie in ihn eingetreten ist. Der Stimulus setzt einen Prozess in Gang, der sich zum größten Teil für uns verborgen, im Inneren des Organismus abspielt, ehe wir den letzten Abschnitt dieses Prozesses z.B. eine Muskelkontraktion an der Peripherie beobachten können.

Dieser Prozess läßt sich folgendermaßen kurz skizzieren: Das Wahrnehmungsorgan, der Rezeptor muß aktiviert werden, es muß zu einer Erregungsfort-

leitung innerhalb eines Nerven kommen, die letztlich zum ZNS führt und von dort wieder zurück an die Peripherie. Alle diese Schritte brauchen ihre Zeit, wobei der größte Anteil aber im kortikalen Bereich in Anspruch genommen wird. Selbst im einfachsten Fall einer einkommenden Information muß erst ein excitatorisches Potential aufgebaut werden, um die motorischen Bereiche des Cortex zu aktivieren und eine Entladung in Richtung Peripherie zu ermöglichen. Wenn zusätzlich exakte Übereinstimmung zwischen Stimulus und Response notwendig ist, muß weitere 'Arbeit' verrichtet werden, um den Stimulus adäquat zu charakterisieren und die entsprechende Response zu organisieren. Die Reaktionszeit, auch Response-Latenzzeit genannt, schließt demnach ein: (a) die Wahrnehmungs- und Fortleitungszeit, (b) die Verarbeitungszeit und (c) die Muskelaktivierungszeit.

Bei einem derart komplexen Unterfangen wäre es vermessen, schon zum jetzigen Zeitpunkt eine übergeordnete integrierende Theorie zu erwarten. Eine umfassende Betrachtungsweise, wie die unserige, kann nur erste Fragestellungen formulieren und sie mit Hilfe der erhobenen Daten reflektieren.

2. VERHALTEN UND INFORMATION

Der Mensch als informationsaufnehmendes und -verarbeitendes System steht in ständigem Kontakt mit seiner je individuellen Umwelt. Dabei kann sich dieser Kontakt entweder als agierendes oder reagierendes Moment manifestieren. Das System Mensch kann sowohl Sender, Empfänger oder Verarbeitungsteil darstellen. Sehen wir den Menschen als ein nachrichtenaufnehmendes System, so sind zwei Arten von Informationen bzw. Nachrichten zu unterscheiden: Einerseits solche, welche von anderen Menschen in einer ihm verständlichen Form übermittelt werden, wie z.B. Sprache, Schrift, Mimik etc. und andererseits solche, welche zwar von 'Natur aus' nicht für den Empfänger hergerichtet sind, deren Bedeutung ihm aber bekannt ist; Nachrichten aus einer Umwelt, die er sich im Laufe seines Lebens erschlossen hat (z.B. Geräusche von Maschinen, Fahrzeugen etc.).

Die Sinnesorgane vermitteln dem nachrichtenaufnehmenden und -verarbeitenden System Mensch die Informationen von der Außenwelt. Damit ist aber noch nichts darüber gesagt, ob die perzipierte Information auch weitergeleitet wird oder nicht. Die Entscheidung darüber, in wieweit eine Information schon an der Peripherie 'hängen bleibt' oder weiter zum Zentrum durchdringt, hängt nur in einem sehr geringen Maße vom Empfangsorgan selbst ab. Bei den Rezeptoren unterscheiden wir zwischen solchen, die den Kontakt zur Außenwelt aufrechterhalten (den visuellen, auditiven, chemotaktischen etc.) und den sogenannten Propriozeptoren, die uns über die Zustände unseres eigenen Körpers informieren.

Grundlage vieler Erkenntnisvorgänge sind die sensorischen Prozesse der Informationsaufnahme. Praxisrelevante Gesichtspunkte, die sich aus der fortschreitenden Entwicklung der Produktivkräfte ergeben, kommen hinzu. Von einem Menschen im Produktionsprozess erwarten wir in zunehmenden Maße die Fähigkeit, mit Hilfe der Sinnesorgane Informationen aufzunehmen und zu verarbeiten. Da aber schon aus rein biologischen Gründen nicht anzunehmen ist, daß das menschliche Sensorium bezüglich seiner Reizaufnahme und Reizverarbeitung den steigenden Anforderungen gewachsen sein wird, "kann man offenbar nur versuchen, die biologisch und psychologisch bedingten Möglich-

keiten genauestens hinsichtlich ihrer Funktionsprinzipien zu prüfen, um sich ihnen dann optimal anzupassen" (KLIX 1969).

In letzter Zeit wurde der Versuch stark intensiviert, im Vergleich mit technischen Systemen der Nachrichtenaufnahme und Nachrichtenübermittlung Hinweise auf die menschliche Informationsverarbeitung zu erhalten. Aber auch hier gelang es bisher nicht, eine umfassende Erklärung aufzubauen, was letztlich aber als Indiz für die besonderen Funktionsprinzipien der menschlichen Informationsverarbeitung angesehen werden kann. KLIX (1965) schlägt vor - "Bedingungen, die die organismische Informationsverarbeitung verändern, methodisch geschickt zu variieren, um einen Einblick in Funktionsprinzipien der organisch bedingten Informationsverarbeitung zu gewinnen."

Es bieten sich in erster Linie Reiz-Reaktions-Versuche an, da hier eine verhältnismäßig exakte Möglichkeit besteht, Bedingungen zu variieren und Reaktionszeiten in Verbindung mit technischen Hilfsmitteln genauestens zu registrieren.

Eine gewisse Zeit glaubte man mit Hilfe von informationstheoretischen Modellen diesem Problem näher zu kommen. Einen guten Überblick über diesen Ansatz bieten GARNER & HAKE (1951), GARNER (1953, 1958), ATTNEAVE (1965) u.a. Aber schon die exakte Bestimmung der menschlichen Kanalkapazität zeigte die Grenzen dieses Ansatzes auf. es zeigte sich immer wieder, daß die Geschwindigkeit der sensorischen Informationsverarbeitung nicht nur durch "äußere Faktoren", wie die Anzahl der Dimensionen und Alternativen (siehe dazu MACKAY 1950, - nach ATTNEAVE 1965 - Begriff des Logonen- und "etronengehalts), sondern vor allem auch durch Faktoren, die in der Person liegen, wie Ermüdung, Lernen, Alter, Motivation für den Wahrnehmenden bestimmt wird. Obendrein ergibt sich die Schwierigkeit, daß die vom Versuchsleiter intendierten Dimensionen und Alternativen von der Versuchspersonen auf verschiedene Art und Weise interpretiert werden. Den je individuellen Klassifikations- und Codierungsprozess zu analysieren stellt aber ein bisher schwer zu bewältigendes Problem dar.

Einen bedeutend älteren Ansatz haben wir in dem Gedanken der biologischen Regelkreisprozesse, durch die Organismen sich im Gleichgewicht

zu ihrer Umwelt halten und ihren "inneren Zustand" bewahren. Als gutes Beispiel läßt sich dafür das von ANOCHIN (1935) und später von VON HOLST und MITTELSTAEDT (1950) beschriebene Reafferenzenprinzip anführen. Dieses Modell ist folgendermaßen zu verstehen: Entsteht z.B. auf der Netzhaut unseres Auges die Abbildung eines sich bewegenden Objektes, so ist das entweder darauf zurückzuführen, daß sich das Objekt bewegt und das Auge stillsteht, oder das Objekt steht still und das Auge wird bewegt. Wir unterscheiden trotzdem ein sich bewegendes von einem ruhenden Objekt. Dies kann so erklärt werden, daß mit den die Augenbewegung verursachenden Impulsen eine Nachricht - 'Efferenzkopie' - weitergeleitet wird, welche die Lokalisierung der vom Auge ausgehenden Signale gewissermaßen korrigiert.

Wenn wir den Schritt von der Peripherie zu höher gelegenen Fortleitungs- und Verarbeitungsmechanismen vollziehen, haben wir uns zu fragen, was mit der immensen Informationsmenge geschieht, die von der Außenwelt auf uns einströmt. Schon im sensorischen Bereich wird der maximale Informationsfluß von einigen Millionen BIT/sec stark reduziert. Wie das im einzelnen geschieht, ist noch sehr unklar. Die Einengung des Informationsgehalts geschieht zweifellos zum größten Teil unbewußt. Nach dieser Einengung tritt die verbliebene Information aber plötzlich ins "Bewußtsein".

Wir stehen vor der Frage nach der Bestimmung der Grenzen der menschlichen Verarbeitungskapazität von Sinnesdaten und der kognitiven Verarbeitungsprozesse im allgemeinen. Fragen von großer praktischer Bedeutung beziehen sich unter anderem auf das Verhalten bei gleichzeitig dargebotenen Signalen, auf das Unterscheiden von wichtigen und unwichtigen Nachrichten, auf die Entdeckung bestimmter Signale und auf Wachsamkeitsmomente in monotonen Situationen.

Wie schnell kann auf ein Signal durch ein adäquates Reaktionsverhalten geantwortet werden ? Welche Prozesse spielen hierbei eine Rolle ? Sind Lernprozesse genauso belangvoll, wie die physikalischen Parameter des Signals ? Spielt die Reaktionsmodalität eine genauso große Rolle wie physiologische und anatomische Aspekte ?

Eine befriedigende Zusammenstellung von Beschreibungsvariablen für den

Prozess der menschlichen Informationsverarbeitung besteht bisher noch nicht. Eine grobe Einteilung gibt FITTS (1964), indem er versucht, sensu-motorische Verhaltenstendenzen mit Hilfe der folgenden vier Kategorien zu beschreiben:

Kontinuität - Ein Signalfuß kann entweder in kontinuierlicher oder diskreter Form ablaufen. Ein Controller vor dem Radarschirm ist einem kontinuierlich einkommenden Informationsfluß ausgesetzt, während ein Kontrolleur, der Stichproben bei einer Arbeitsüberwachung vollzieht, nur sporadisch und mit Unterbrechungen Information bezieht. Für FITTS ist das wesentliche Merkmal dieser Kategorie das Ausmaß der Taktgebundenheit eines Verhaltens. Hier kann der Mensch nicht das Ausmaß der einkommenden Information selbst bestimmen, sondern es wird ihm von einer externen Instanz diktiert. Besteht für den einzelnen die Möglichkeit den Takt der einkommenden Information selbst zu bestimmen, sprechen wir von einer taktfreien Auseinandersetzung mit der Umwelt. In diesem Fall kann vermieden werden, daß es zu einem übergroßen Angebot an Information für den Aufnehmenden kommt, die in keiner adäquaten Weise bearbeitet werden kann. Hat der am Fließband Arbeitende die Möglichkeit, die Geschwindigkeit des Arbeitsprozesses selbsttätig zu steuern, so haben wir es mit einem kontinuierlichen taktfreien Informationsfluß zu tun. Die Frage der Kontinuität spielt aber nicht nur bei einkommender Information eine Rolle, sondern erlangt den gleichen Stellenwert auf der Reaktionsseite. Auch die Informationsabgabe ist Gesetzmäßigkeiten und Grenzen unterworfen.

Frequenz - Die zweite Kategorie, die von FITTS angeführt wird, bezieht sich auf die Anzahl der Signale in einer definierten Zeiteinheit. Zu unterscheiden ist, ob nur ein oder mehrere Signale in einer festen Zeiteinheit eintreffen. Handelt es sich um Einzelsignale, muß gefragt werden, ob sie immer an der gleichen Stelle innerhalb einer Zeiteinheit wiederzufinden sind. Sind es mehrere Signale, die aus verschiedenen Quellen stammen, so ist gleichfalls simultanes bzw. sukzessives Auftreten innerhalb der gleichen Zeiteinheit von entscheidender Bedeutung.

Komplexität - Hierunter fallen die Identifizierbarkeit einer Nachricht, wie auch die Anzahl der Alternativen in der die Nachricht übermittelt werden kann. Unter der Kategorie der Komplexität muß auch das Problem der Reiz-Reaktions-Kompatibilität eingeordnet werden, denn je komplexer

eine Nachricht ist, auf die in sinnvoller Weise respondiert werden soll, desto größer die Anforderungen an die Art der gewünschten Reaktion.

Kohärenz - Die vierte von FITTS eingeführte Kategorie bezieht sich auf den Zusammenhang zwischen Reiz und Reaktion, auf das Ausmaß der Korrelation, durch die die Kohärenz eines Verhaltens determiniert wird. Ein Verhaltensprozess kann vollständig determiniert sein, sofern ein gegebenes Signal keinen Zweifel über seine richtige Beantwortung zuläßt. Steht ein Autofahrer vor einer Ampel, die grünes Licht anzeigt, so ist diesem Signal ein festes Verhalten zugeordnet; er muß mit seinem Wagen weiterfahren. Ist die Ampel auf rotes Licht geschaltet, so ist ebenfalls nur eine Verhaltensform als die richtige zu akzeptieren. Jedes andere Verhalten, das als Reaktion auf das vorgegebene Signal ausgeführt wird, wäre als falsch zu bezeichnen.

Wir haben es bei sogenannten determinierten Prozessen mit einem extrem engen Zusammenhang zwischen Reiz und Reaktion zu tun. Das Gegenteil finden wir in den stochastischen Prozessen, in denen die Determiniertheit der Reaktion durch den Reiz geringer ist. Hier wird die Frage nach richtigem oder falschen Verhalten zu einer Angelegenheit der Wahrscheinlichkeit. Die Beantwortung des Reizes wird zu einem Entscheidungsprozess.

Während FITTS sich bei der Aufstellung der vier Kategorien einer Verwendung psychologischer Begriffe enthält, sie aber wahrscheinlich stillschweigend voraussetzt, geht GAGNE (1962) bei seinem Versuch eine Taxonomie der Beschreibungsvariablen aufzustellen, von einer Anzahl hypothetischer psychischer Prozesse aus, die bei der Verarbeitung eines Signals eingesetzt werden. Die Hauptvariablen der Informationsverarbeitung sind für ihn: (1) Die physikalischen Determinanten des Reizes, wie Intensität, Frequenz, Modalität etc. (2) Das Selektieren von Information, d.h. das Ausfiltern von relevanter bzw. irrelevanter Information, die aus der Außenwelt auf das periphere Sensorium einströmt. (3) Das Gedächtnis, wobei GAGNE zwischen einem Kurzzeit- und Langzeitgedächtnis unterscheidet und (4) die Verarbeitungskomplexität, die in drei verschiedenen Ausprägungsgraden auftreten kann; als unmittelbare Reaktion auf einfache Signale (sensing), als diskriminatorisches Erkennen der Beziehung zwischen Signal und Antwort (identifying) und als Bewertung der Reiz-Reaktions-Situation (interpretation).

Die Ähnlichkeit zum Ansatz von FITTS zeigt sich gerade im Aspekt der Verarbeitungskomplexität, der dem Komplexitäts- und Kohärenzfaktor gleichzusetzen ist, während die von FITTS angeführten Kategorien der Kontinuität und Frequenz durch die Faktoren der Selektion und des Kurzzeitgedächtnisses erklärt werden.

Die Erforschung der für die Informationsverarbeitung verantwortlichen Strukturen, welche das menschliche Verhalten begründen, steht zweifellos noch ganz am Anfang. Auch das Heranziehen kybernetischer Modelle kann nicht über die Schwierigkeiten hinweghelfen, die vor allem durch folgende Tatsachen begründet sind:

Erstens sind die für die psychischen Vorgänge verantwortlichen Strukturen sehr viel komplexer als die gegenwärtig in der Technik üblichen Strukturen. Im besonderen hat das menschliche Zentralnervensystem rund hunderttausendmal mehr Schaltelemente als typische datenverarbeitende Systeme. Hierbei ist weiterhin zu bedenken, daß die einzelnen Schaltelemente des Zentralnervensystems, also die Neuronen, einzeln für sich schon sehr viel komplexere Gebilde sind als elektronische Schaltelemente. Ein Vergleich erscheint trotzdem angebracht, da wir wissen, daß die Neuronen zwar funktionell sehr viel mehr leisten, elektronische Schaltelemente aber rund tausendmal schneller arbeiten.

Zweitens sind im menschlichen Zentralnervensystem zweifellos stochastische Prozesse wirksam, über die letztlich nur Wahrscheinlichkeitsaussagen gemacht werden können. Dieser Tatbestand erschwert die Analyse. Bei weiterreichenden Argumentationen sollte man aber bedenken, daß im Nervensystem, soweit heute übersehbar ist, ein beträchtlicher Schaltaufwand betrieben wird, um diese stochastischen Funktionen durch 'selbstkorrigierende' Schaltungen unwirksam zu machen.

Drittens ist es kaum möglich, das menschliche Zentralnervensystem in eine exakte Versuchsplanung einzubeziehen. Man kann weder auf der einen Seite 'Kaspar-Hauser-Experimente' durchführen, noch ist es auf der anderen Seite möglich, dem menschlichen Gehirn im gleichen Maße Elektroden zu implantieren, wie man es mit großem Erfolg schon bei Tierversuchen vorgenommen hat.

Viertens und letztlich muß man sich vor Augen halten, daß wir es beim Zentralnervensystem des Menschen mit einem Speichermechanismus zu tun haben, also einem System mit 'Gedächtnis'. Voraussagen über psychisches Geschehen müssen daher immer Aussagen über bereits Gewesenes implizieren, die der je einzelnen Person auf Grund ihrer individuellen Erbanlagen, Lernprozesse und Erfahrungen zugeordnet werden. Eine kybernetische Analyse der psychischen Vorgänge muß diesen Faktoren Rechnung tragen.

Wir wollen uns vor Augen halten, daß Informationsübertragung in einem System maschineller oder organismischer Natur nicht mit Energieübertragung gleichzusetzen ist. Das System Mensch wird immer in Kommunikation mit seiner Umwelt betrachtet, seine Aktivität wird bezogen auf die Konstanthaltung bestimmter Parameter dieser Kommunikation. Informationsübertragung vollzieht sich in der Wahrnehmung, der Sprache, im sozialen Kontakt in prinzipiell gleicher Weise, nur auf verschiedenen hohen, nach der Komplexität gestuften Ebenen. Der Bereich, in dem eine Analyse der Informationsverarbeitung sinnvoll und fruchtbar sein kann, ist weitgespannt. Uns interessieren hier vornehmlich die Aspekte, die das System Mensch hinsichtlich seiner informationsverarbeitenden Mechanismen determinieren und ihm dadurch die Aufrechterhaltung seiner Existenz in seiner Umwelt gewährleisten.

3. STIMULUS - RESPONSE - ABHÄNGIGKEIT DER REAKTIONSZEIT

3.1 DER EINFLUSS UNTERSCHIEDLICHER SINNESMODALITÄTEN

Wir wollen grundsätzlich beachten, daß es unterschiedliche Latenzzeiten bei verschiedenen Sinnesmodalitäten gibt. So unterscheiden sich der auditive und taktile Bereich zwar nicht, weisen aber gegenüber dem visuellen eine um durchschnittlich 50 msec kürzere Latenzzeit auf.

Gleichzeitig ist die Reaktionszeit abhängig von der Intensität eines Ereignisses. Es ist grundsätzlich möglich, einen schwachen Ton und einen starken Lichtreiz als Stimulus zu wählen, und man wird kürzere Latenzzeiten im visuellen Bereich erhalten, im Gegensatz zum auditiven.

Der Begriff Intensität muß an dieser Stelle etwas weiter gefaßt werden. Er umschließt nicht nur den physikalischen Bereich wie laut/leise oder hell/dunkel, sondern wir wenden ihn beispielsweise auch auf eine Dimension wie groß/klein an.

Der primäre Effekt ist evident; die Reaktionszeit ist lang, wenn die Intensität zurückgeht und sie verkürzt sich, wenn die Intensität ansteigt. Unwillkürlich stellt sich die Frage, welche generellen Beziehungen zwischen der Reaktionszeit und der Intensität eines Reizes bestehen. Wird die Reaktionszeit immer kürzer, je mehr die Intensität eines Reizes steigt oder kann ein bestimmtes Minimum nicht unterschritten werden? Wenn dies der Fall ist, worauf kann dieses Minimum zurückgeführt werden? Haben wir es mit einer linearen Beziehung zu tun, oder ist diese höherer Ordnung?

Um eine Antwort auf diese Fragen geben zu können bedarf es einer Breite von Stimulusintensitäten, die von der unteren Wahrnehmungsschwelle bis in Bereiche geht, die für das Wahrnehmungsorgan schädlich sind.

Anhand zweier Modalitäten, der auditiven und der visuellen soll kurz auf diese Beziehung eingegangen werden.

Eine sehr gute Darstellung dieser Abhängigkeiten im auditiven Bereich spiegelt die Versuchsserie wider, die CHOCHOLLE (1940) an der Sorbonne durchführte. Er verwendete Tonintensitäten, die einen Bereich von annähernd 100 dB erfaßten. Bei niedrigsten Intensitäten betrug die Reaktionszeit ca. 400 msec und sank ab bis zu 120 msec bei extrem hohen Intensitäten. Er verwendete dabei einen niedrigen, mittleren und hohen Frequenzbereich.

Er stellte eine kurvi-lineare Beziehung fest. Steigerungen der Intensität im Bereich um 100 dB führen nicht mehr zu einer Verkürzung der Reaktionszeit, während eine Verringerung um wenige dB bei niedrigen Intensitäten einen relativ schnellen Anstieg der Reaktionszeit bedingt.

Dies führt uns zu der Annahme eines nicht reduzierbaren Minimums und gleichzeitig zu der oben angeschnittenen Frage, in wieweit bestimmte Werte nicht mehr unterschritten werden können.

Eine extrem minimale Reaktionszeit wird erwartet, die aber auf jeden Fall größer als Null sein muß. Die Stimulation des Rezeptors, die Erregungsfortleitung zum Zentrum und zurück zur Peripherie, sowie die Muskelkontraktion, sind Prozesse, die eine bestimmte Zeit in Anspruch nehmen. Wenn wir den Weg eines auditiven Stimulus vom Rezeptor zum Gehirn verfolgen, registrieren wir eine minimale Verzögerung des Reizes im Rezeptor von 1-2 msec, die Erregungsfortleitung im Nerven bis zum cerebralen Cortex bedarf ca. 8-9 msec, während für die Muskelkontraktion bis zum Zeitpunkt des Niederdrückens einer Taste z.B. eine Spanne von 30 - 40 msec angesetzt werden muß. Wenn wir z.B. eine Gesamtreaktionszeit von 140 msec annehmen, muß über die Hälfte der Zeit für den corticalen Prozess angesetzt werden. PIERON (1919) sprach in diesem Zusammenhang von einem 'irreducible minimum' und eines Restes, den er 'reducible margin' nannte. Dieser Rest wird groß sein bei einem schwachen Reiz und wird sich verringern bei einer Intensitätssteigerung.

Bei dieser Untersuchung fällt auf, daß die Reaktionszeiten bei visueller Stimulation durchschnittlich um 50 msec höher liegen als bei auditiver. Ob die Ursachen dafür im peripheren oder sensorischen Bereich liegen, ist eine offene Frage. Einen Hinweis könnten vielleicht Ergebnisse von MARSHALL, TALROT & ADES (1943) geben. Sie sagen, bei Applizierung

eines Lichtreizes auf das Auge, erfolgt eine Aktivierung des visuellen Cortex nach 20 - 40 msec; wird der Sehnerv allerdings direkt gereizt, so beträgt der Zeitraum nur 2-5 msec. Verglichen mit dem Ohr, besteht beim Auge eine relativ große Latenzzeit bevor es zu einer Erregungsfortleitung im Nerven zum Cortex kommt. Diese Differenz könnte einen großen Teil der unterschiedlich langen Reaktionszeiten auf auditive und visuelle Stimuli erklären; Teile der Varianz bleiben aber weiterhin unerklärt. Sowohl im auditiven wie im visuellen Bereich sind Faktoren beteiligt, die nicht ohne weiteres miteinander verglichen werden können.

Wie wir sehen, ist die Intensität eines Reizes, sowohl im visuellen als auch im auditiven Bereich ein wichtiger Parameter bei der Vorhersage der Reaktionszeit.

Weitere Klärung könnte auch eine Beantwortung der Frage bringen, welchen Einfluß die Adaptation auf die Reaktionszeit hat, in wie weit eine Kovariation mit der Intensität vorliegt, ob z.B. das Einsetzen eines Reizes eine andere Wirkung als das Aussetzen eines Reizes und die darauf folgende Reaktion hat. Diese und andere Fragestellungen sollen uns aber an dieser Stelle nicht weiter beschäftigen.

Die Reaktionszeit ist abhängig von Vorgängen, die sich für uns verborgen, im Inneren des Organismus abspielen. Diese Feststellung sagt nichts über die Schwierigkeit einer experimentellen Erforschung dieses Gebietes aus. Als äußerst vielfältig haben sich in den letzten Jahren jene Ansätze präsentiert, mit denen man den Phänomenen nahekomen wollte, die sich zwischen dem für uns sichtbaren Reiz und einer anschließenden Reaktion vollziehen. Wir können an dieser Stelle nur versuchen, die Punkte in einem kurzen Aufriß darzustellen, deren Relevanz heute schon evident ist, und an denen sich allmählich eindeutige Ergebnisse abzeichnen.

Bevor wir zur Darstellung der einzelnen Ansätze und Fragestellungen kommen, muß noch kurz auf eine Unterteilung hingewiesen werden, die einer Verwirrung vorgreifen und Hinweis dafür sein soll, daß wir im folgenden drei Arten von Reaktionen unterscheiden.

Wir halten uns dabei an die Einteilung, die schon DONDERS (1868) vollzogen hat, indem er sogenannte a-, b- und c-Reaktionen unterschied. a-Reak-

tionen stehen für Signale, für die eine Unsicherheit hinsichtlich des Zeitpunktes ihres Auftretens besteht und somit eine erhöhte Unsicherheit auch für den Zeitpunkt der Reaktion. b-Reaktionen setzt er für 'choice-reaction' - Versuche, wobei unterschiedliche Responses auf verschiedene mögliche Signale hin zu erfolgen haben. Die Versuchsperson weiß nicht, welches Signal kommt und demzufolge auch nicht, welche Response ausgeführt werden muß. DONDERS kam schon in seinen damaligen Experimenten zu dem Ergebnis, daß die Reaktionszeit in 'choice-reaction'-Versuchen größer war als in einfachen Reaktionszeit-Versuchen (a-Reaktionen). Ist der Unterschied zwischen diesen beiden Reaktionsarten gekennzeichnet durch die Fragestellung, wann (a-Reaktionen) und welches (b-Reaktionen) Signal auftritt, so handelt es sich bei den c-Reaktionen um selektive Responses. Hier stehen wie bei den b-Reaktionen zwei oder mehr Signale als potentielle Stimuli zur Verfügung. Dargeboten werden aber simultan mehrere Signale, wobei nur auf eines dieser reagiert werden soll.

3.2 INFORMATIONSGEHALT DER ZU OBERTRAGENDEN INFORMATION

Die häufigsten Experimente, die im Zusammenhang mit dem Informationsgehalt vollzogen wurden, gehören in die Kategorie der sog. b-Reaktionen, bzw. 'choice-reaction'-Versuche. Wie schon darauf hingewiesen, wird die Versuchsperson in solchen Experimenten mit mehreren möglichen Signalen konfrontiert. Eine von mehreren alternativen Responses wird erwartet, welche als die zum dargebotenen Signal korrekte definiert ist. Als Reaktionszeit wird die Zeit zwischen dem Einsetzen des Signals und dem Einsetzen der Reaktion gewertet.

Das klassische Experiment über Reaktionszeiten stammt von MERKEL (1885). In späteren Untersuchungen bestätigten HICK (1952) und HYMAN (1953) die Ergebnisse. MERKEL kam zu der Aussage, daß eine negative lineare Beziehung zwischen der Reaktionszeit und der Anzahl der Reizalternativen besteht. SHANNONS (1949) Definition des Informationsgehalts führte später zu folgender Modifizierung: Die Reaktionszeit ist eine Funktion des Logarithmus der Anzahl (reziprok) der Signalalternativen.

Die Tatsache, daß MERKELS unabhängige Variable als Stimulusinformation bzw. Stimulusunsicherheit gesehen werden muß, ist selbst nur von begrenz-

ter Wichtigkeit. Von größerer Tragweite und von weitaus stärkerem Einfluß auf spätere Untersuchungen ist die Hypothese, daß die mittlere Reaktionszeit eine ansteigende lineare Funktion des durchschnittlichen Informationsgehalts ist, der von der Reizkonfiguration zur Responseseite gelangt. In späteren Untersuchungen wurde darauf nicht mehr explizit hingewiesen, doch diente dieser Tatbestand häufig als Arbeitshypothese.

Unmittelbar aus dieser Hypothese wurde deduziert, daß es keine Rolle spielt, wie die Informationsübertragung variiert wird. Diese Deduzierung wurde im Laufe der Jahre systematisch untersucht, wobei folgende Aspekte im Vordergrund standen:

- (1) Die Anzahl der Alternativen auf der Stimulus- bzw. Response-Seite,
- (2) die relative Auftretenswahrscheinlichkeit der Alternativen,
- (3) die sequentielle Abhängigkeit der einzelnen Stimuli,
- (4) der Einfluß der Instruktion auf die eingegebene und übertragene Information.

Eine globale Determination der Reaktionszeit ergibt sich aus der folgenden Formel:

$$RT = a + bT$$

In dieser Gleichung ist RT die mittlere Reaktionszeit, a und b sind Konstanten und T die durchschnittliche Höhe der übertragenen Information. Bei diesen Untersuchungen steht die Reaktionszeit nicht immer im Mittelpunkt. Sie dient häufig als Vehicel für Fragestellungen, die sich explizit mit dem Aspekt der Informationsübertragung beschäftigen. Es ist wichtig festzuhalten, daß die Reaktionszeit durch eine große Anzahl von Faktoren determiniert wird, und daß 'die rechte Seite der Gleichung' bei weitem nicht alle Möglichkeiten beinhaltet. Zum Beispiel wird die Reaktionszeit durch 'stimulusdiscriminability', 'responsedifficulty' und 'stimulus-response-compatibility' im gleichen Maße determiniert, wie durch T. Diese Gleichung stellt deshalb eine Beziehung dar, die sehr stark an eine Laborsituation angelehnt gesehen werden muß. In der Feldforschung erhobene Reaktionszeiten, was immer sie auch darstellen mögen, setzen eine weitaus größere Anzahl von Prädiktoren voraus. Zur Vervollkommenung der genannten Arbeitshypothese bedarf es aber dieser zusätzlichen Faktoren, um eine bessere Vorhersage zu machen.

Als ein Beispiel für ein derartiges Vorgehen können die Untersuchungen

auf dem Gebiet der Diskriminationsexperimente gesehen werden (s. LEONARD, 1954). Auf der Stimulusseite stellt die Diskriminierbarkeit einen wichtigen Faktor dar, der bei exakter Messung zu einer Reduzierung des Vorhersagefehlers in der oben zitierten Gleichung führen kann.

Bei der Analyse des Einflusses der übertragenen Information auf die von der Versuchsperson gezeigte Response müssen wir eindeutig trennen zwischen Ansätzen, in denen explizit die Frage nach der Menge der übertragenen Information im Mittelpunkt steht und jenen, die den Einfluß auf die Reaktionszeiten untersuchen.

Im ersten Fall haben wir es hauptsächlich mit Diskriminationsexperimenten zu tun, in denen die Reaktionszeit eine sehr untergeordnete Rolle spielt. Zahlreiche Autoren (SUMPY & POLLACK 1954, MILLER & SELFRIDGE 1950, POLLACK 1952) rekurrieren dabei in erster Linie auf die Annahme, daß gleiche Prinzipien sowohl für die Übertragungsgeschwindigkeit von Informationen als auch für das Kurzzeitgedächtnis gelten. Diese Annahmen führen sie darauf zurück, daß eine Übertragung - zumindest eine solche reproduktiver Art - die Speicherung von Information für kurze Zeit erfordert.

Es scheinen daher für die Reaktionszeit, die keinen derartigen Speichervorgang involviert, etwas andere Regeln zu gelten. HICK (1952) und HYMAN (1953) fanden zwischen Reaktionszeit und Information je Reizdarbietung eine lineare Beziehung, wenn die Information durch wechselnde Zahlen von Reizalternativen, zwischen denen eine Wahl zu treffen ist, variiert wird. Die Relation zwischen dem, was man als Auswahlzeit bezeichnen kann - disjunktive Reaktionszeit minus einfacher Reaktionszeit - und der Anzahl Bit pro Reizkonfiguration kommt den anderen Ergebnissen sehr nahe. Die Reaktionszeit der besten Versuchsperson von HYMAN stieg mit jedem hinzugefügten Bit um etwa 0.127 Sekunden. Darüber hinaus fand HYMAN, daß näherungsweise derselbe funktionale Zusammenhang zwischen Reaktionszeit und Reizinformation bestand, gleichgültig wie letztere variiert wurde: durch Variation der Anzahl gleichwahrscheinlicher Alternativen, der relativen Häufigkeit der Alternativen oder der sequentiellen Abhängigkeit zwischen den Reizen. Der Grad des Zusammenhanges, gemessen durch Korrelationskoeffizienten, war für die drei Variationsformen nicht völlig konstant.

Eine interessante Beziehung zwischen kontinuierlicher Informationsübertragung und Reaktionszeit ergibt sich aus einem Experiment von KLEMMER & MULLER (1953). Sie konnten zeigen, daß das Tempo der kontinuierlichen Informationsübertragung mit der Zahl der alternativen Reize steigt. Sie benutzten dazu eine Anordnung von 5 Glühbirnen und einem Antwortknopf für je eine Birne unter jedem Finger der Versuchsperson. Es folgten mehrere Darbietungen der verschiedenen kombinatorischen Lichtmuster, wobei die Anzahl der benutzten Birnen ebenfalls variiert wurde. Die Versuchsperson mußte sich bemühen, durch Drücken der Knöpfe das Muster zu reproduzieren. Eine interessante Variante bestand in der Möglichkeit, die Darbietungsrate einmal durch den Versuchsleiter, das andere Mal durch die Versuchsperson bestimmen zu lassen. Es zeigte sich eine sehr starke Abhängigkeit der Reaktionszeit und der damit übertragenen Information von dem Kriterium "Außensteuerung vs. Selbststeuerung" der Darbietungsrate. ALLUISI, MULLER & FITTS (1957) stellten noch einmal klar heraus, daß die Information nur ein, und oft genug nicht einmal der wichtigste Prädiktor der Reaktionszeit ist.

3.3 REIZ - REAKTIONEN - KOMPATIBILITÄT

Nach DEININGER & FITTS (1954) können wir die Reiz-Reaktions-Kompatibilität wie folgt definieren: "The concept of S-R compatibility concerns the effects of a class of variables that influence task difficulty in perceptual-motor experiments in which learning, discriminability and amount of information are controlled. Compatibility is a general concept that can be extended to cover relations among concurrent stimulus activities, relations among concurrent motor activities, and relations among concurrent stimulus and motor activities." Der Grad der Kompatibilität drückt die Enge der Beziehung aus, die zwischen der Art des Reizes und der Art der Antwort besteht (FITTS & SEEGER 1953).

Informationstheoretische Ansätze gehen dahin, das Konzept der S-R Kompatibilität als eine Funktion von Übertragungsmechanismen und Dekodierprozessen zu verstehen. Diese Ansätze können aber bei weitem nicht den Gesamtkomplex erklären. Zwar steht der Komplex des Kodierens ebenfalls im Mittelpunkt der mathematischen Kommunikationsmodelle, jedoch erfassen sie nicht die ganze Komplexität des menschlichen Verhaltens. Der menschliche

Organismus ist variabler beim Kodieren von Input- und Outputinformationen als jedes technische System. Es gibt viele Methoden Stimulus- und Responseinformationen zu kodieren, und wahrscheinlich spiegeln mehrere davon optimale Strategien wider, führen zu gleich hohen Leistungen und beanspruchen letztlich ein Minimum an Kodiereinheiten. DEININGER & FITTS (1954) : "In general, any code (efficient or inefficient) may be specified as points lying in the multidimensional space which consists of the set of all discriminable stimuli and all anatomically possible motor responses."

Das wichtigste Ergebnis, das FITTS & DEININGER (1954), sowie FITTS & SEEGER (1953) vorweisen, ist eine hoch signifikante Beziehung zwischen der Reaktionszeit und der Interaktion des Stimulus- und Response-Sets. Für jeden Stimulus-Set gab es einen bestmöglichen Response-Set, wobei die optimale Kombination der beiden Sets sich in der räumlichen Kongruenz widerspiegelte. Die Reaktionszeit steigt eindeutig an, sofern der Grad der S-R Kompatibilität sinkt.

Determinanten für einen hohen Grad an S-R Kompatibilität sind nach DEININGER & FITTS (1954) neben der räumlichen Korrespondenz von Reiz und Reaktion, assoziative Verknüpfungen, Populationsstereotype und stark eingeprägte Kombinationen. Diese Determinanten lassen sich auch auf eine S-S und R-R Kompatibilität übertragen; nämlich dann, wenn zwei Stimuli oder Responses harmonisch aufeinanderfolgen. Untersuchungen über die Beziehung zwischen S-S bzw. R-R Kompatibilität wurde aber bisher wenig Aufmerksamkeit gewidmet.

Ein interessantes Phänomen im Zusammenhang mit der S-R Kompatibilität zeigt sich in der Tatsache, daß ein Anstieg im Grad der Kompatibilität, die gewöhnlicherweise beobachtete Tendenz einer verlängerten Reaktionszeit aufhebt, sofern die Anzahl der Alternativreaktionen steigt.

LEONARD (1959) fand zum Beispiel, daß eine Antwort auf eine Reizapplikation am Finger, die mit dem gleichen Finger vollzogen wurde, hinsichtlich ihrer Reaktionszeit unabhängig von der Anzahl der Finger ist, die unterschieden werden mußten und als Antwortkategorien zur Verfügung standen. Dieses Ergebnis wurde durch zahlreiche ande-

re Untersuchungen bestätigt (DAVIS, MORAY & TREISMAN 1961, DAVIS & RHOADES 1959). Alle diese Arbeiten zeigen, daß nur in relativ inkompatiblen Situationen die Reaktionszeit mit der Anzahl der Alternativen steigt. RABBITT (1959) konnte zeigen, daß in einer inkompatiblen Situation eher die Responseanzahl als die Stimulusanzahl für die Reaktionszeit als determinierend angesehen werden muß. Wenn die gleiche Response auf einen von mehreren Stimuli vollzogen werden muß, ist es von geringer Bedeutung, wieviele Stimuli eingeführt werden, solange die Anzahl der Antwortmöglichkeiten konstant ist.

BROADBENT & GREGORY (1962) gingen in diesem Zusammenhang von der Frage aus, ob der von DONDERS (1868) aufgewiesene Unterschied zwischen b- und c-Reaktionen nicht abhängig vom Grad der S-R Kompatibilität ist. In zwei Experimenten, mit auditiven und taktilen Reizen, sowie jeweils hoher und niedriger Kompatibilität zeigten sie, daß die Differenz nur in Situationen auftritt, die einen geringen Grad an Kompatibilität aufweisen.

MORIN & FORRIN (1962) gingen etwas weiter, indem sie in einer Serie von kompatiblen S-R Kombinationen einzelne inkompatible Reize darboten und umgekehrt. Die Anzahl der Alternativen kam erst in dem Moment zum Tragen als S-R Kombinationen mit verschieden hohem Grad an Kompatibilität auftraten. Die Autoren kommen zu dem Schluß, daß die Reaktionszeit in einer 'numeral-naming-task' unabhängig von der übertragenen Information ist. Die Reaktion auf eine einzelne Ziffer wird nicht durch das potentiell mögliche Erscheinen anderer Zahlen beeinflusst. Für die Reaktionszeit ist letzten Endes die Gesamtstruktur verantwortlich, die im Aufgabenverlauf angeboten wird.

Eine hohe Kompatibilität besteht immer dann, wenn Reiz und Reaktion in direktem physikalischen Sinne korrespondieren. Weiterhin hängt das Ausmaß der übertragenen Information in einem Sinnesbereich vom Grad ab, zu dem die Ausführung bestimmter motorischer Reaktionen oder die Fixierung bestimmter Benennungsurteile bei der Beantwortung längerer Reizserien die gleichzeitige Informationsaufnahme behindert. Unter diesen Umständen bestehen für die Vermittlung sprachlicher Information besonders optimale Verhältnisse. Hier haben wir es mit einem maximalen Informationsfluß zu tun. PIERCE & KARLIN (1957) zeigten, daß die Kanalkapazität eher durch die Geschwindigkeit der Wörter-

kennung als durch artikulatorische Prozesse eingeschränkt wird. Allerdings sind die Unterschiede zwischen der verbalen und der motorischen Beantwortung der gleichen Reize nicht als Ausdruck einer prinzipiellen Überlegenheit verbaler über motorischer Reaktionen aufzufassen, sondern sie sind abhängig von der jeweiligen Kompatibilität zwischen der Art der geforderten Reaktion und der Art der Reizkodierung.

Die Interaktion von Gruppierungsprozessen und der S-R Kompatibilität steht neuerdings im Vordergrund von Überlegungen, die SANDERS (1971) den Anstoß zum folgenden Experiment gab (s. Abb. 3.1).

Abb.: 3.1

x o o x x o o x x o o x A	o o o o o o x x x x x x B	x o x o o o o x o x x x C	o o o o o o x x x x x x D
--	--	---	---

o = Lampen x = Reaktionstasten

Die Bedingungen A und B besitzen eine größere S-R Kompatibilität, während C und D eine größere S-S Kompatibilität aufweisen. Die Versuchspersonen hatten die Aufgabe entweder nach einer Strategie des Gruppierens oder der sukzessiven Verarbeitung vorzugehen. Jedesmal wurde ein Signal aus zwei, jeweils drei Signale umfassenden Reizserien dargeboten. Dem Signal aus dem linken Satz folgte stets ein Signal aus dem rechten. SANDERS geht von der Annahme aus, daß ein wahrnehmungsmäßig determinierter Gruppierungsprozess mit größerer Auswirkung dann erwartet werden kann, wenn die Signale direkt aufeinander folgen. Vermindertes Gruppieren kann nur bei geringerer S-S Kompatibilität auftreten, jedoch nicht bei niedriger S-R Kompatibilität. Wie die Ergebnisse zeigen, scheint für die Wirksamkeit des Gruppierens der Grad der S-R Kompatibilität maßgebend zu sein. Unter den Bedingungen C und D ist die Auswirkung des Gruppierens - verglichen mit der Summe der Einzelreaktionen - deutlich geringer, so daß man annehmen muß, daß sich die beiden Reaktionen gegenseitig be-

hindern. Unter derartigen Bedingungen scheint eine sukzessive Verarbeitung optimaler zu sein. Die gegenseitige Beeinflussung der beiden Reize verschwindet mit steigender S-R Kompatibilität. SANDERS nimmt an, daß eine optimale Strategie darin besteht, erst beide Signale aufzunehmen aber bei der Reaktionswahl die motorischen Komponenten wieder getrennt vorzunehmen, mit Ausnahme der Fälle, in denen eine große S-R Kompatibilität besteht; hier können die Reaktionswahlen leichter integriert werden. Es ist daher anzunehmen, daß die Auswirkung des 'Grouping' von Signalreizen eine Funktion der S-S Kompatibilität ist, sofern eine große S-R Kompatibilität vorliegt.

Zum Ausmaß der Wichtigkeit eines Konzepts der S-R Kompatibilität sollen abschließend noch einmal DEININGER & FITTS (1954) zitiert werden:

"From a theoretical point of view, the S-R compatibility concept might well replace such older concepts as meaningfulness and belongingness in specifying the conditions of motor learning. It may also prove useful in sharpening the definition of similarity. In addition, compatibility effects should be considered in measuring individual difference in perceptual motor performance. "

3.4 DIE VERARBEITUNG VON MEHRFACH-SIGNALLEN

3.4.1 DIE PSYCHISCHE REFRAKTÄRZEIT

Der Begriff der psychologischen Refraktärzeit oder auch Refraktärperiode ist etwas unglücklich gewählt. Er ist streng abzuheben vom Begriff der Refraktärzeit, den wir aus der Neurophysiologie kennen.

Man kann den Tatbestand folgendermaßen operationalisieren: Die Reaktion auf ein Signal, das während der Zeit eintrifft, in der auf ein vorangegangenes Signal reagiert werden soll, wird um den Zeitraum verzögert, der zwischen dem Eintreffen des zweiten Signals und der Reaktion auf das erste Signal liegt.

Neuere Untersuchungen über die psychische Refraktärzeit beziehen sich in erster Linie auf die schon klassische Arbeit von TELFORD (1931). In seinen Versuchen wurden zwei rasch aufeinanderfolgende Stimuli dargeboten.

Das Intervall zwischen den beiden Stimuli variierte. Er erhielt zwei Reaktionszeitwerte (auf S_1 und S_2), stellte aber fest, daß eine Verlängerung der zweiten Reaktionszeit - gegenüber einer einfachen Reaktion auf S_2 - vorlag, je kürzer das Intervall zwischen S_1 und S_2 war.

In diesem Zusammenhang stellt CRAIK (1948) die Frage nach der Ursächlichkeit der Verzögerung. Für ihn ist das Problem durch zwei alternative Fragestellungen gekennzeichnet:

- (1) Ist für die Verzögerung der zweiten Reaktion die Übertragungszeit von Nervenimpulsen maßgebend ? Hierfür würde der lange Weg sprechen, der durch die Nervenfortleitungen und Synapsen gebildet wird, die den sensorischen mit dem motorischen Bereich verbinden.
- (2) Ist für die Verzögerung letztlich allein der zentrale Bereich verantwortlich zu machen ?

Wäre der zweite Aspekt der ausschlaggebende, müßten wir uns fragen, wie es trotz eines stetig einkommenden Informationsflusses nicht auch zu einem kontinuierlichem Strom von Responses kommt. Ist die Verzögerung bedingt durch den Aufbau einzelner Prozesse, die sich zu einem bestimmten Zeitpunkt entladen, könnten wir erwarten, daß neue sensorische Impulse auf dem Weg zum Zentrum durch bereits ablaufende gestört bzw. blockiert werden.

CRAIK (1948) und VINCE (1948) gingen von folgendem Ansatz aus: Es wird ein zweites Signal zum Zeitpunkt der Stimulusverarbeitung gesetzt. Dieses Vorgehen steht im Gegensatz zu Arbeiten, in denen das zweite Signal zum Zeitpunkt einer 'overt response' auf ein vorangegangenes gesetzt wird.

Die Experimente von CRAIK (1948) und VINCE (1948) kann man als typische Vertreter von Tracking-Aufgaben bezeichnen. Der kontinuierliche Durchlauf einer Linie auf einem Schirm wird abrupt geändert, das heißt die Linie macht einen 'Sprung' und beginnt an einer anderen Stelle auf dem Schirm weiterzulaufen. Die Versuchsperson hat die Aufgabe, dem Verlauf der Linie zu folgen, so daß letztlich die Zeit registriert wird, die man braucht, um einerseits auf die Veränderungen zu reagieren und andererseits die neue Position zu erreichen. Hierbei stellte sich heraus: wenn die Positionswechsel gleichmäßig über die Zeit verteilt

waren, betrug die durchschnittliche Spanne bis auf die Veränderung reagiert wurde, ca 250-300 msec. Traten jedoch zwei Wechsel bzw. Veränderungen kurz hintereinander auf, so daß ein zweites Signal (S_2) in den Zeitraum zwischen erstem Signal und erster Reaktion (T_1) fiel, verzögerte sich T_2 .

Wir halten fest: Die zentralen Mechanismen brauchen eine feste Zeit (T_1), um S_1 zu verarbeiten. Weiterhin kann eine Verarbeitung von S_2 nicht simultan vollzogen werden, es tritt eine Verzögerung von T_2 auf. In anderen Worten, S_2 muß eine bestimmte Zeit gespeichert werden - bis zur Beendigung von T_1 - damit der Weg zum Verarbeitungsmechanismus frei wird.

Diese Ergebnisse wurden in den Jahren danach öfters bestätigt, unabhängig davon, ob visuelle oder auditive Stimuli verwendet wurden, oder ob auf der Reaktionsseite das Niederdrücken einer Taste oder anderer Responseformen erforderlich waren.

In einigen Experimenten wurde ähnlich dem Vorgehen von VINCE (1948) gearbeitet. Man versuchte einen ständigen Informationsfluß zu bewerkstelligen (HICKS 1948, WELFORD 1959), bot aber in den meisten Fällen diskrete Signalkaare dar, wobei die Versuchsperson wußte, daß immer nur ein Signal in einer der beiden Klassen auftreten konnte.

Dieses Verfahren beinhaltet eine Schwierigkeit: Ist der Versuchsperson nicht bekannt, welches von beiden Signalen zu Beginn auftritt, so handelt es sich bei S_1 um eine 'two-chuiced-reaction', während S_2 bei seinem Erscheinen nur noch eine 'simple reaction' verlangt (s. dazu, ELITHORN & LAWRENCE 1955, ELITHORN & PARNETT 1967). Diese Schwierigkeit kann teilweise überwunden werden, in dem man die 'simple-reaction-time' getrennt für jedes Signal ermittelt. Es ist aber evident, daß dies nicht mit den Zeiten verglichen werden kann, die bei gleichzeitiger Darbietung beider Signale entstehen (DAVIS 1956, SMITH, M. 1967).

Man kann diesem Problem teilweise begegnen, wenn dazu übergegangen wird, die Versuchspersonen davon in Kenntnis zu setzen, welches Signal als S_1 dient.

Experimente von HICK (1948) und DAVIS (1956) zeigen, daß die Ursachen für

die Verzögerung von T_2 nicht durch Übung verändert werden können und letztlich zentraler und nicht sensorischer Natur sind. Die Phänomene werden gleichermaßen beobachtet, wenn die Signale verschiedenen Sinnesmodalitäten entstammen (DAVIS 1957, 1959) und nicht durch Muskelkontraktion im peripheren Bereich erklärt werden können, wie es bei Untersuchungen der Fall ist, bei denen auf jedes Signal mit einer anderen Hand reagiert werden mußte.

Die Verzögerung von T_2 ist teilweise auch dann zu beobachten, wenn auf S_1 keine 'overt response' erwartet wird. NICKERSON (1967c) konnte zeigen, daß die Verzögerung anwächst, wenn der Reiz ein bestimmtes Maß an Information beinhaltet und nicht ignoriert werden kann; gilt S_1 zum Beispiel als Hinweis für die Versuchsperson, welcher von zwei Knöpfen zu drücken ist, wenn S_2 erscheint, so wird sich eine größere Verzögerung einstellen im Gegensatz zu einer neutralen Einstellung der Versuchsperson zu S_1 .

Ähnliche Ergebnisse können wir bei einer modifizierten Versuchsanordnung beobachten: Hier wird das zweite Signal nicht zum Zeitpunkt der Stimulusverarbeitung gesetzt, sondern tritt auf, wenn die Versuchsperson eine 'overt response' auf das vorangegangene Signal zeigt. Diese 'overt response' kann zum Beispiel in einer Muskelkontraktion bestehen (VINCE 1948, WELFORD 1952). Das gleiche Phänomen ist auch zu beobachten, wenn S_2 kurz nach Beendigung der ersten Response gesetzt wird.

Die experimentellen Befunde zur psychologischen Refraktärzeit lassen sich in drei Kategorien fassen:

Die erste Theorie basiert auf der Annahme einer Wahrnehmungs-Response-Selektierung. Es wird ein Kanal angenommen, der nicht gleichzeitig von mehreren Reizen benutzt werden kann, mit dem Ergebnis, daß bis auf einen Stimulus alles gespeichert werden muß, bis der Kanal wieder 'frei' ist. Wir haben es hier mit der 'Single-Channel-Theorie' zu tun.

Zweitens besteht die Annahme, daß der erste Stimulus einen physiologischen Inhibitionsmechanismus in Gang setzt, der die Verarbeitung des zweiten Stimulus blockiert. Dieser Ansatz läuft unter dem Begriff 'The Central Refractoriness Theory'.

Die dritte Gruppe von Theorien erklärt die verzögerte Reaktion auf den zweiten Stimulus nicht durch den Einfluß des ersten Reizes. Das Entscheidende ist die Erwartung der Ankunft der Signale, die bei S_1 und S_2 unterschiedlich ist. Der 'Preparatory State' der Versuchsperson, ist eine Funktion der Zeitintervalle (Interstimulus Intervals -ISI-) zwischen den einzelnen Reizen.

3.4.1.1 SINGLE - CHANNEL - THEORY

Auf der Basis der Single-Channel-Theorie entwickelte WELFORD (1968) folgende Gedanken: Unter der Annahme einer sukzessiven Verarbeitung von einkommenden Reizen, legt er ein starkes Gewicht auf den Faktor der Antwort-Rückmeldung, der in erster Linie bei den oben geschilderten Steuerungstätigkeiten Bedeutung erlangt. Die Durchführung der Reaktion selbst ist bei Knopfdruckreaktionen ein sekundärer Faktor, aber nicht beim Steuern, bei dem die Angleichung an das neue Niveau eine Reihe präziser Bewegungen erfordert. Das Ergebnis einer Bewegung wird von der Versuchsperson mit einem gewünschten Sollwert verglichen, worauf erneut Bewegungen in Form von Korrekturen notwendig werden können. Diese neuen Bewegungen werden wiederum zu einem Signal für die Versuchsperson.

Für WELFORD ist die Be- und Verarbeitung eines zweiten Reizes während der Phase der Antwort-Rückmeldung unmöglich.

In diesem Zusammenhang müssen auch die Ergebnisse von DAVIS (1956, 1957) gesehen werden. Er bot zwei visuelle bzw. ein visuelles und ein auditives Signal vom Typ der a-Reaktionen dar, auf die als Antwort eine Knopfdruck-Reaktion verlangt wurde. Innerhalb einer Meßreihe wurde das Intervall zwischen S_1 und S_2 willkürlich variiert, um einen Antizipationseffekt auszuschließen. Dabei konnte gezeigt werden, daß die Verzögerung der zweiten Reaktion nicht notwendigerweise auf die vorhergehende Reaktion zurückgeführt werden muß. Auch wenn auf S_1 nicht zu reagiert werden brauchte, verzögerte sich R_2 . In einer weiteren Untersuchung starteten die Versuchspersonen den Ablauf durch Knopfdruck selbst, also durch eine Reaktion ohne eine vorangegangene Perzeption. In diesem Fall wurde R_2 nicht verlängert.

DAVIS kommt zu dem Schluß, daß die sukzessive Verarbeitung eine Angelegenheit der zentralen Verarbeitung des Signals sei - Kodierung und Antwortauswahl - und nicht der bloßen Reaktionsausführung. Die Tatsache, daß die Verzögerung den ganzen Zeitraum von R_1 umfaßt, führt DAVIS zur Annahme einer zentralen Inhibition nach der Verarbeitung von S_1 . Eine andere Möglichkeit wäre, daß auch bei Knopfdruck-Reaktionen eine, wenn auch geringe, Antwort-Rückmeldung stattfindet. Die Annahme der zentralen Inhibition findet auch durch ein Experiment von BERTELSON (1966) Rückhalt. In dieser Untersuchung erfordert S_1 eine c-Reaktion und S_2 eine b-Reaktion, so daß es eine Meßreihe gab, in der R_2 eine erste Reaktion vorangegangen war und eine andere Reihe, in der R_2 die Entscheidung voranging, keine Reaktion auszuführen. Im letzteren Fall war die Reaktionszeit ca. 60 msec kürzer, ein Ergebnis, das mit der Annahme von DAVIS hinsichtlich des zentralen Inhibitionsprozesses übereinstimmt.

Die Annahme von WELFORD hat aber auch seine Schwächen, bzw. man stößt auf Ausnahmen hinsichtlich der Gültigkeit. Eine der hervorragenden Ausnahmen läßt sich in Untersuchungen aufzeigen, die Zeitintervalle zwischen S_1 und S_2 mit einer Dauer verwenden, die unter 100 msec liegen. Bei Tracking-Aufgaben wurde beobachtet, daß gar keine Korrekturen mehr vorgenommen wurden. Für dieses Verhalten wurde der Begriff 'grouping' geprägt, womit ~~zum~~ Ausdruck gebracht werden sollte, daß eine Entscheidung nicht notwendigerweise auf der Basis eines einzelnen Wahrnehmungselements zu sehen ist, sondern daß der Organismus mehrere Signale zusammenfaßt, auf die dann nur einmal reagiert wird. Haben wir es mit zwei sukzessiven Stimuli zu tun, die sehr kurz hintereinander auftreten (unter 100 msec), so wird auf S_1 keine Reaktion beobachtet, sondern erst auf S_2 . Dieser Prozess des Gruppierens wird von WELFORD selbst als eine Ausnahme bezeichnet und ist nach BERTELSON (1966) eines der zur Zeit am wenigsten erforschten Glieder im Prozess der zeitlichen Unterbrechung bei der menschlichen Informationsverarbeitung.

Erste theoretische Ansätze gehen dahin, das Phänomen des Gruppierens als eine Wahrnehmungsangelegenheit zu behandeln. Hinter diesem Gedanken steht das Ökonomieprinzip der Umkodierung von Einzelelementen in übergeordnete Signale, die eine größere Informationsdichte bei konstanter Zeit ermöglichen. Der Prozess der 'chunk-Bildung' wie er von

MILLER (1956) beschrieben wird, ist ein dafür ausgezeichnetes Beispiel. Ob derartige Kodierungsstrategien aber eine adäquate Beschreibung für den Prozess des Gruppierens während der Refraktärperiode darstellen, muß bezweifelt werden. Kodierungsstrategien implizieren bestimmte Gesetzmäßigkeiten und Abfolgeabhängigkeiten, für deren Annahme bei den hier vorliegenden Experimenten keine Veranlassung besteht. Hinzu kommt auch die Irreversibilität beim Gruppieren, das heißt, es ist nicht möglich, aus einem zusammengefaßten Signal die Einzelelemente wieder aufzufinden. Ein primäres Kennzeichen des Kodierungsprozesses ist aber die Reversibilität, das Re-Kodieren.

BROADBENT (1958) geht von einer anderen Überlegung aus. Er sieht im Vorgang des Gruppierens auch ein Wahrnehmungsphänomen, bezieht sich dabei aber auf eine Wahrnehmungsstichprobe. Nach dieser Theorie besteht ein rhythmischer Wechsel von Aufnahme und Blockierung, der von der Dauer des Kodierungsprozesses, der in Bearbeitung befindlichen Signale unabhängig ist. Bei einem bestimmten Zeitintervall zwischen S_1 und S_2 können die beiden Signale in ein und dieselbe Wahrnehmungsstichprobe fallen, wobei dann eine simultane Verarbeitung stattfindet. Je größer das Intervall wird, desto geringer die Wahrscheinlichkeit, daß die beiden Signale in dieselbe Stichprobe fallen. In diesen Fällen ist dann eher eine sukzessive Verarbeitung zu erwarten. Dieser Ansatz gibt eine völlig andere Erklärung für die Blockierung als sie CRAIK ursprünglich kundtat. CRAIK ging davon aus, daß der Verarbeitungsprozess von S_1 vor der Interferenz mit einem neuen Signal geschützt werden müsse.

In Anlehnung von WELFORD (1959) können wir folgende Überlegungen zusammenfassen:

- (1) Es gibt eine Anzahl von Input-Mechanismen, die für die Informationsaufnahme verantwortlich gemacht werden können. Sie sind gleichzeitig unter bestimmten zeitlichen Einschränkungen als 'Kurzzeitspeicher' zu sehen, so daß beispielsweise eine kurze Serie von Einzelelementen als eine Informationseinheit empfangen werden kann.
- (2) Mehrere Effektor-Mechanismen sind vorhanden, die gleichermaßen zentrale wie periphere Elemente beinhalten und eine Vielzahl von Responses determinieren, sei es das Drücken eines Knopfes oder das Verfolgen einer Linie in einer Tracking-Aufgabe.

- (3) Es existiert ein einfacher Kanal, mit einer begrenzten Kapazität in dem Sinne, daß ein bestimmtes Zeitintervall benötigt wird, um Information zu verarbeiten, bzw. daß nur ein bestimmtes Maß an Information pro Zeiteinheit verarbeitet werden kann (Information soll hier für Signal bzw. Stimulus stehen und nicht im streng informationstheoretischen Sinne verstanden werden).
- (4) Einkommende Information kann in einer hier nicht näher bestimmten Art und Weise akkumuliert werden, solange der entscheidende Kanal durch eine vorangegangene Information blockiert ist, und wird den Kanal in dem Moment benutzen können, in dem er 'frei' wird.

Ein differenzierteres Konzept wird auch von KRISTOFFERSON (1965) angeboten. Er beschreibt Aufmerksamkeit als einen Schaltmechanismus mit begrenzter Leistung, der dafür verantwortlich ist, ob es zu einem Informationsfluß kommt oder nicht. Einkommende Einzelsignale können nur dann in einer Wahrnehmungsstichprobe vereint werden, wenn sie den jeweils gleichen Kanal ansprechen. Es wird beispielsweise davon ausgegangen, daß auditive und visuelle Reize mit Sicherheit zwei verschiedene Kanäle aktivieren. Die Instanzen, die für die Verarbeitung verantwortlich sind, können aber während einer Stichprobe nur auf einen Kanal geschaltet sein. Besteht die Tendenz, den anderen Kanal ebenfalls abzufragen, so muß erst das Ende der ersten Wahrnehmungsstichprobe abgewartet werden, ehe eine Umschaltung erfolgen kann. Dabei wird dieser Umschaltprozess nicht willkürlich erfolgen, sondern auf Grund bestimmter Informationen, da zu einem Zeitpunkt T_x eine Aufmerksamkeitsverschiebung notwendig ist. Eine Determinante für die Aufmerksamkeitsverschiebung sieht KRISTOFFERSON in einer Periodizität, die durch einen internen Generator kontrolliert wird, der seine physiologische Komponente im Alpha-Rythmus hat. Ist die Wahrnehmungsstichprobe auf dem ersten Kanal beendet, so kann eine Umschaltung später stattfinden oder bei einem Vielfachen der Periode.

Ein derartiges 'Attention Switching Model' kann auf zwei verschiedene Weisen funktionieren: Die eine Möglichkeit besteht in der Aufmerksamkeitsverschiebung nach einem festen Zeitraum der Initialisierung der ersten Wahrnehmungsstichprobe. Durch die Periodizität ist das Respondieren auf eine zweiten Reiz verzögert, kann aber mit dieser rhythmisch determinierten Verschiebung gleichzeitig ablaufen. Das hat aber zur

Konsequenz, daß ein 'Multichannel Processing' stattfinden kann, sofern das feste Intervall nicht zu lang ist.

Auf der anderen Seite steht die Annahme, daß eine Umschaltung solange nicht vorgenommen werden kann, bis der erste Wahrnehmungsvorgang, inklusive Reaktion abgelaufen ist. In diesem Fall haben wir es mit einem eindeutig sequentiellen Vorgang zu tun. Eine Unterstützung des sequentiellen Vorgehens wird durch die Arbeit von KAY & WEISS (1961) geliefert. Sie zeigen, daß die Verzögerung von RT_2 ansteigt, mit dem Ausmaß der benötigten Zeit, die für die Beantwortung der ersten Wahrnehmungstichprobe benötigt wird. Es scheint, als wenn der Umschaltvorgang erst mit Abschluß der Bearbeitung des ersten Reizes stattfindet.

3.4.1.2 CENTRAL REFRACTORINESS THEORIES

Einer Beobachtung von THORNDIKE (1927) zufolge, tendieren Versuchspersonen dazu, bestimmte Reaktionen in einer kontinuierlichen Aufgabe zu vermeiden, obwohl sie per Instruktion aufgefordert waren, diese auszuführen. Er sagt dazu: "...the avoidance of responses might be due to a fundamental intrinsic unreadiness of a process to act soon after it has acted."

Das Nichtauftreten geforderter Reaktionen wurde aber in dem Maße verringert, wie das Intervall zwischen den einzelnen Reizen vergrößert wurde. DODGE (1927) sagt: "...if various time intervals between stimuli could be used, a supposition refractory phase in the barrier against repetition should theoretically be more apparent the nearer the responses approach each other in time."

Man sollte an dieser Stelle auch auf die Untersuchungen von TELFORD (1931) hinweisen. Er postuliert als Folge des neuronalen Prozesses vom Moment der Perzeption bis zur motorischen Response einen 'Central Refractory State', in Analogie zu Befunden der Neurophysiologie, aber mit einer längeren Dauer - bis zu einer Sekunde - . Er nannte dieses Phänomen 'Psychological Refractory Period', eine Bezeichnung, die allgemein übernommen wurde, um die Verzögerung einer Reaktion auf einen zweiten Stimulus bei kurzen ISI zu kennzeichnen.

Im Zusammenhang damit muß festgestellt werden:

- (1) Das Intervall, welches eine Verzögerung von RT_2 bedingen kann, muß ein bestimmtes Ausmaß haben.

Eine Vergrößerung des ISI zwischen zwei Stimuli, bis zu einem bestimmten Punkt, an dem das ISI gleich bzw. größer als die Refraktärphase ist, führt nicht mehr zu einer Verzögerung.

Da sich die Verzögerung von RT_2 bei steigendem ISI verringert, haben wir es nicht mit einer Konstanten zu tun, wie wir es vom excitatorischen Potential eines Nerven oder Muskels her kennen. Die ISI, die eine Verzögerung bedingen, variieren in Abhängigkeit der einzelnen experimentellen Bedingungen.

- (2) Die Verzögerung von RT_2 wird nicht durch das Maß der Unsicherheit des ersten Reizes determiniert, da die Geschwindigkeit der Ausführung und die resultierende Verzögerung nicht durch die Anzahl der Alternativen beeinflusst wird, aus der der Stimulus selektiert wurde.

3.4.1.3 PREPARATORY STATE THEORY

Häufig wird die Ansicht geäußert, die Verzögerung von RT_2 ist nicht durch den ersten Reiz bedingt. Es wird vermutet, daß die gleichen Prädiktoren als verursachend angenommen werden müssen, die die Verzögerung einer Reaktionszeit auf einen einfachen Reiz determinieren; der Range, die Frequenz, die Länge der Vorwarnzeit etc. Preparatory State Theories lassen sich in zwei Kategorien einteilen:

(1) Expectancy Theory (Erwartungstheorie)

In einer einfachen Reaktionszeituntersuchung konnte MOWRER (1940) zeigen, daß auf Reize, die von einem mittleren Vorwarnintervall abweichen, langsamer reagiert wird. Er sah darin ein Indiz, daß hier eine verminderte Erwartung hinsichtlich des Auftretens der Reize vorlag. Mit Erwartung wird hier nicht ein Lernphänomen gekennzeichnet, das man mit 'Wissen über das Erscheinen' umschreiben kann. Erwartungstheoretiker sehen in dem mittleren ISI den Gipfel einer Erwartungskurve. ISIs vor oder nach dem Kurvenmaximum führen zu verzögerten Responses.

Gewisse Parallelen zwischen der Erwartungstheorie und Untersuchungen aus der Viqilanz-Forschung treten unmittelbar hervor (BAKER 1959, DEESE 1955, FRANKMAN & ADAMS 1962). In der Vigilanzsituation haben wir es mit einer Serie von Stimulusereignissen zu tun, die über einen großen Zeitraum verteilt, sich mit einer statistisch definierten Verteilung von ISIs vergleichen lassen, wie wir es in Untersuchungen zum Problem der psychologischen Refraktärzeit kennengelernt haben.

BAKER (1963) sagt dazu: "The expectancy hypothesis is a statement that the probability of detection of a signal in a vigilance task is greatest when the signal occurs after an interval which is equivalent to the means of ISI's preceding the interval in question: detection probability is low after a signal increases as the mean ISI of the preceding series is approached, and, if not reinforced by the occurrence of a signal, again decreases."

ELITHORN & LAWRENCE (1955) erklären die Verzögerung wie folgt: "At time 0 at the end of the foreperiod one of two responses will almost certainly be required and the probability of each response situation occurring then is approximately 0.5. The arrival of a single stimulus raises the probability of its own responses to the region of 1.0, but at the same time it causes the probability of the alternative situation to fall abruptly. Since the latter situation will arise sometime the probability that it will occur at the next time interval if it has not already occurred will increase with the passage of time until towards the end of the cycle this probability approaches unity. If, therefore, the observed RT to the second stimulus inversely proportional to the hypothetical state of preparation, expectancy or probability of the appropriate response mechanism, then it may be expected to be longer when this stimulus occurs shortly after the disjunctive situation. Similarly, it may be expected to approach that of a simple RT as ISI increases."

Weiterhin sehen ELITHORN & LAWRENCE eine Interaktion zwischen Inhibition und Erwartung in ihrer Auswirkung auf die Reaktionszeit.

Responseinhibition wird folgendermaßen verstanden: Wird beispielsweise als Reaktionsform das Niederdrücken einer Taste mit einem bestimmten Finger erfolgen, so wird für die anderen Finger ein inhibitorisches Potential aufgebaut, um eine falsche Reaktion zu vermeiden. Wird nun von einem dieser Finger nach einem kurzen ISI eine Reaktion auf einen zweiten Reiz erwartet, so ist der Finger noch zum Teil blockiert und RT_2 wird verzögert. Je länger das ISI ist, desto mehr verschwindet diese Responseinhibition und RT_2 kann schneller erfolgen.

Folgende Voraussetzungen werden innerhalb dieser Theorie gemacht: Wichtig ist nicht die absolute, sondern vielmehr die relative Dauer des ISIs. Ist die Mehrzahl der ISIs kurz, so wird die maximale Verzögerung von RT_2 nicht bei den kürzesten ISIs liegen. Dies wurde von ADAMS (1962) überprüft, konnte jedoch nicht bestätigt werden.

Ein zweiter Aspekt, der aus dieser Theorie resultiert, ist die Annahme einer maximalen Erwartung bei einem konstanten ISI. Diese Annahme wurde von BORGER (1963) widerlegt, der zeigen konnte, daß auch bei konstanten kürzeren ISI eine Verzögerung von RT_2 zu beobachten ist. Allerdings verschwindet der Effekt, sobald auf das erste Signal nicht mehr respondiert werden soll (zum gleichen Problem s. DAVIS 1965, ANNETT 1966, KARLIN 1965).

Geht man von den experimentellen Befunden aus, so kann die Erwartungstheorie keine vollständige Antwort zum Problem der Verzögerung von RT_2 geben. Verzögerungen wurden festgestellt trotz hoher Erwartung (BORGER 1963, CREAMER 1963) und keine Verzögerungen, sofern die Versuchsperson keine Auswahl des Response für den ersten Stimulus zu treffen hat (DAVIS 1965).

(2) Readiness Theories

Der zweite Block innerhalb der Preparatory State Theories wird durch den Begriff 'Readiness Theories' gekennzeichnet (POULTAN 1950). Wir wollen diesen Terminus beibehalten, den man i.w.S. als Bereitwilligkeit oder Bereitschaft verstehen könnte.

POULTAN (1950) unterscheidet einerseits zwischen 'expectancy' als

Verzögerungsmoment, die "...due purely to the subject not being ready for response because he was not expecting to have to make it, and so had not prepared himself" und 'readiness' andererseits als ein Moment, das "...was at least partly due to the subject not being able to prepare himself."

In der 'Readiness'-Theorie wird davon ausgegangen, daß die Versuchsperson, obwohl sie genau weiß, wann der zweite Reiz erscheint, ein Minimum an Zeit braucht, um die Response vorzubereiten. Jedes ISI, das kleiner als dieses Minimum ist, vermindert eine optimale Vorbereitung, so daß es zu den bekannten Verzögerungen kommt. Es fehlt der Nachweis, daß Verzögerungen in gleichem Maß bei a-Reaktionen, als auch bei b-Reaktionen auftreten. Dies muß aber der Fall sein, wenn die Verzögerung eine Funktion des 'lack of readiness' sein soll (NICKERSON 1965, DAVIS 1965).

Diese beiden Untersuchungen zeigen gleichzeitig, daß sowohl expectancy als auch readiness einen Einfluß auf die Reaktionszeit haben. Die Reaktionszeit sinkt bei relativen als auch bei absoluten ISIs. Ist die Versuchsperson vollständig 'ready' - in Experimenten von DAVIS (1965) drückte die Versuchsperson einen Knopf, um das ISI selbst zu bestimmen - so hat die 'Expectancy' keinen Einfluß auf die Reaktionszeit. Spielt jedoch die 'Readiness' die dominierende Rolle, ist die Verzögerung in einem geringeren Maß durch die 'Expectancy' determiniert (s. auch KAY & WEISS 1961, REYNOLDS 1966).

3.4.2 VERARBEITUNG GLEICHZEITIG AUFTRETENDER REIZE

3.4.2.1 VERARBEITUNG AUDITIVER REIZE

Wir haben uns in einem weiteren Abschnitt die Frage zu stellen, was passiert, wenn der Organismus simultan eintreffende Nachrichten zu verarbeiten hat. Dabei wollen wir uns vorerst nur auf die Möglichkeit simultaner auditiver Nachrichten beschränken.

Bisher konnte gezeigt werden, daß nach einer Reaktion auf einen ersten Reiz die Beantwortung eines zweiten verzögert wurde, aber immer noch zur

Ausführung kam. Die Vermutung liegt nahe, daß ein irgendwie gearteter Selektionsprozess stattfindet, der aber nicht zu einem Informationsverlust von S_2 führt.

Die bisher geschilderten Experimente beinhalteten verhältnismäßig einfache Reizverläufe. Wir erwarten bei komplexeren Informationsgegebenheiten kompliziertere Verarbeitungsmechanismen. Nimmt man an, daß die wechselseitige Beschäftigung mit zwei verschiedenen Aufgaben, die Verarbeitung und Beantwortung von gleichzeitig eintreffender Information auf verschiedenen Kanälen möglich ist, so kann man sich sowohl eine gegenseitige Störung als auch Unterstützung der beiden Gegebenheiten vorstellen.

Daran gekoppelt ist die Frage nach der Belastbarkeit des Organismus und welche 'Schutzmaßnahmen' hinsichtlich einer Überbeanspruchung getroffen werden. Welche Strategien bestehen oder müssen entwickelt werden, um den gestellten Aufgaben gerecht zu werden; was passiert mit der unbearbeiteten Information ?

Allen Untersuchungen zur psychologischen Refraktärzeit lag implizit die Hypothese eines Kurzzeitgedächtnisses zugrunde. Welche Annahmen können wir bei komplexeren Informationseinheiten machen ?

3.4.2.2 FILTERTHEORIE VON BROADBENT

Unbestritten ist, daß der Mensch nur auf einen kleinen Ausschnitt der gesamten Information reagiert, die gleichzeitig die peripheren Wahrnehmungsorgane ansprechen. Scheinbar kommen zwei Wege in Betracht, auf denen die Selektion stattfinden kann. (1) Betrachten wir Identifikation determiniert durch einen serialen Klassifikationsprozess, wird eine Form der Selektion darin bestehen, daß Klassifikation soweit betrieben wird, wie es die aktuelle Situation erfordert. (2) Eine Selektion scheint derart vonstatten zu gehen, daß ein bestimmter Anteil der einkommenden Information in einem verhältnismäßig frühen Stadium des Wahrnehmungsprozesses 'ausgefiltert' wird.

Dieser zweite Ansatz geht auf eine große Anzahl von Experimenten zurück,

die sich mit dem Problem des 'selective listening' beschäftigten. Die Versuchsperson wird aufgefordert, auf eines von zwei bzw. mehreren simultan dargebotenen Signalen zu reagieren und die anderen zu ignorieren. Diese Aufgabe ähnelt sehr HONDERS c-Reaktionen, beruht aber tatsächlich auf komplexeren Signalen und komplexeren Responses. Eine ausgezeichnete Zusammenfassung der früheren Arbeiten gibt BROADBENT (1958): es soll deshalb an dieser Stelle nur auf einige Hauptkomponenten und weiterführende Ansätze hingewiesen werden.

Wenn zwei Gespräche gleichzeitig über einen Lautsprecher kommen, haben Versuchspersonen gewöhnlich Schwierigkeiten, eine Nachricht zu beachten und die zweite zu ignorieren (BROADBENT 1952a). Man glaubte zeitweilig, dieses Phänomen auf eine Maskierung im inneren Ohr zurückführen zu können. Doch da die beiden Gespräche bei einer anderen Gelegenheit gut differenziert werden konnten, sprach sehr viel dafür, daß die Überlagerung und Konfusion eher zentraler Natur war. Eine Differenzierung ist leichter durchzuführen, wenn die erwünschte und unerwünschte Nachricht sich in ihren physikalischen Charakteristiken unterscheiden, z.B. die Stimme eines Mannes und die einer Frau, oder die Intensitäten sind variiert etc. (BROADBENT 1952b, EGAN et al. 1954, TREISMAN 1964). Eine Selektion der einkommenden Signale ist gleichfalls bei räumlicher Trennung der Reize möglich (POULTAN 1953).

Alle diese Ergebnisse stimmen mit den Befunden von HIRSCH (1950) überein, der zeigen konnte, daß durch weißes Rauschen maskierte Sprache besser identifiziert werden kann, sofern Rauschen und Sprache aus zwei verschiedenen Richtungen auf den Organismus eintreffen.

Implizit zeigen alle diese Tatbestände, daß eine Reizselektion nicht nur auf Grund separater physikalischer Eigenschaften der Signale, wie Frequenz oder Intensität stattfindet; wir haben es vielmehr mit komplexeren physikalischen Charakteristiken zu tun, wie beispielsweise beim Unterscheiden zweier menschlicher Stimmen.

In einem schon klassischen Experiment zeigte CHERRY (1953), daß eine eindeutige Trennung von verschiedenen Nachrichten möglich ist. Er bot seinen Versuchspersonen die Reize über zwei getrennte Kopfhörer dar,

mit der Instruktion, nur die Information über den einen Kanal zu beachten. Die Folge war ein fast vollständiger Informationsverlust des anderen Kanals.

Ergebnisse dieser Art veranlaßten BROADBENT (1958) zur Annahme eines 'Filters' zwischen dem wahrnehmenden Organ und den zentralen Mechanismen, der für den Identifikationsprozess verantwortlich ist und einkommende Reize teilweise blockieren kann, so daß nur solche mit spezifischen physikalischen Charakteristiken oder von einem fest determinierten Wahrnehmungsorgan diesen Filter passieren können. Man war sich in der Folgezeit ziemlich schnell darüber klar, daß es sich hier um einen relativ komplexen Mechanismus handeln muß.

TREISMAN (1964b) führte ein Experiment durch, in dem unter einer Bedingung eine Nachricht an einem Ohr ankam, die zweite aber an beiden Ohren; bzw. von drei Nachrichten erreichte jeweils eine nur ein Wahrnehmungsorgan, die dritte aber beide. TREISMAN fand, wie erwartet, daß eine Zurückweisung der unerwünschten Nachricht im Fall der simultanen Reizung beider Kanäle schwieriger war, als wenn nur ein Kanal angesprochen wurde. Hierbei ist zu beachten, daß die separate Darbietung über verschiedene Kanäle nicht der entscheidende Unterschied zwischen den verschiedenen Bedingungen ist. MORAY (1959) wiederholte CHERRYs Experiment und fand dabei, daß Versuchspersonen ihren eigenen Namen heraushörten, obwohl er in der unerwünschten Nachricht versteckt war, und PETERSON & KROENER (1964) zeigten, daß Bruchstücke wiedergegeben werden, obwohl die Erinnerung an die gesamte unerwünschte Nachricht unbefriedigend ist (s.a. TREISMAN 1960, 1964a).

Auf der Basis dieser Ergebnisse kommt TREISMAN zu der Annahme, daß der Filter unerwünschte Nachrichten nicht völlig blockiert, sondern man vielmehr von einer Art 'Dämpfung' zu sprechen hat. Die Selektion soll dabei in einzelnen Etappen verlaufen. Für das Erkennen von Worten, Tonhöhen etc. unterstellt dies eine "Hierarchy of tests carried out in sequence and giving unique outcome for each word or other linguistic unit...messages attenuated by the filter would pass the test only if the criteria had been lowered in their favour and, if not, would pass no further through the hierarchy."

Eine Anzahl weiterer Aussagen scheint diese Annahme zu unterstützen. JACKSON (1961) gab zusätzlich zu einer unerwarteten Erw. einleitend eine Nachricht, auf jedes Ohr Töne, auf die respondiert werden sollte. Diese Response bestand im Niederdrücken einer von zwei Tasten, die den beiden Ohren zugeordnet waren, auf dem der Ton erschienen sollte. Es fand eine Reaktionsverzögerung bei Tönen auf dem unerwarteten Kanal, aber die Anzahl der korrekten Responses war auf beiden Kanälen nicht signifikant unterschiedlich (s.a. FREIDMAN & SIEFEN 1967, JARVIS & HASLERUD 1964, YATES 1965, WILKINSON 1967).

Alle bis hierher referierten Arbeiten implizieren unsere Meinung, daß das Postulat eines ausschließlich auf der Innenseite agierenden Filters nicht haltbar ist. Wahrscheinlich sind es mehrere inhibitorische oder excitatorische Vorgänge, die die Identifikationskriterien determinieren.

Dazu WELFORD (1968): "We are faced, therefore, with having to formulate at least two filtering processes or of explaining away the peripheral in terms of the more central. If it is, in general, preferable to suppose that there may be two or more stages of filtering, but on the other hand explaining away the peripheral filter is certainly not very difficult. Qualities such as loudness and pitch could be lost as well filtered late as early if it is assumed that some representation of them remains, as it almost certainly must, after analysis in the perceptual mechanism."

3.4.3 SIMULTANE BZW. SUKZESSIVE DARSTELLUNG VON REIZEN AUS INTERPRETIERTLICHEN SINNESMODALITÄTEN

Große Einigkeit besteht hinsichtlich der Tatsache, daß Versuchspersonen auf simultan dargebotene Reize weniger effektiv reagieren, als wenn die gleichen Reize alleine dargeboten werden (z.B. BRADBERT 1951, WATSON 1954, PETERSON & KROENER 1964, POULTAN 1956). Generell wird dies als die Unfähigkeit einer Person, zwei Dinge oder mehr gleichzeitig zu beachten, interpretiert. Um aber gleichzeitig den partiellen Erfolg von Versuchspersonen in zahlreichen Experimenten zu erklären, in denen

simultan mehrere Reize dargeboten wurden, auf die reagiert werden mußte, kam man zu Erklärungsmechanismen, die in der 'sequential processing hypothesis' ihren Niederschlag fanden.

Die verbreitetste Auslegung dieser Hypothese finden wir bei BROADBENT (1958). In Anlehnung an sein Modell nimmt er einen zentralen Informationsverarbeitungsmechanismus an, der als Erklärung dient, daß jeweils nur Information von einem Kanal 'bearbeitet' werden kann. Der Umgang mit simultaner mehrkanaliger Information erfolgt, indem die Aufmerksamkeit von einem Kanal auf den anderen 'umgeschaltet' und jeweils ausschnittsweise für eine kurze aber feste Zeitspanne sequentiell über jeden Kanal Information aufgenommen wird.

Ein bestimmter Betrag an 'nutzloser' Zeit muß somit einkalkuliert werden, der für die Zeitspanne des 'Umschaltens' von einem Kanal zum anderen verloren geht.

Um den Effekt des begrenzten zentralen Informationsverarbeitungsmechanismus und der nutzlosen Schaltzeit zu kompensieren, wird ein sogenannter 'temporary preperceptual store' postuliert, der einen Teil des Wahrnehmungssystems ausmachen soll. Einkommende Information über einen gegebenen Kanal kann für kurze Zeit, bis zur Weiterverarbeitung, in diesem Speicher aufbewahrt werden, während die Aufmerksamkeit auf einen anderen Kanal 'geschaltet' ist.

Eine kritische Variable in Untersuchungen zu der 'sequential processing hypothesis' ist die Dauer der einkommenden Signale bei einem mehrkanaligen Input der Information. Wenn zwei Reize von langer Dauer simultan ankommen, hat die Versuchsperson genügend Zeit, ohne großen Aufwand, von einem Kanal zum anderen zu schalten, ohne etwas der Information zu verlieren. Andererseits wird bei einer sehr kurzen Dauer die verfügbare Zeit nicht ausreichen, um die Information von zwei Kanälen beispielsweise nacheinander abzuarbeiten. Demzufolge erwarten wir eine Leistungsverringerung bei derartigen Aufgaben, sofern die Zeitspanne während der die Information einkommt, kurz ist und eine Leistungssteigerung bei längerer Dauer.

GARNER & HAKE (1951) sowie POLLACK (1952) gingen in zwei Experimenten dieser Frage nach. Die Versuchsperson hatte in jedem Durchgang auditive und visuelle Reize zu identifizieren, die entweder zusammen oder alleine über beide Sinnesmodalitäten dargeboten wurden. Für die Reizdarbietung wurde eine Zeitspanne von 20 bzw. 50 msec bei kurzen, 2 sec bei langen Reizen gewählt.

Wie erwartet ließen sich die oben geschilderten Hypothesen bestätigen. Die Zeitspanne von 20 bzw. 50 msec war zu kurz, um während der physikalischen Präsenz der beiden Reize zwischen den einzelnen Sinnesmodalitäten hin- und herzuschalten. Die Versuchspersonen mußten also auf den 'pre-perceptual-store' zurückgreifen.

Reize mit einer Dauer von 2 sec waren hingegen lang genug, um eine Verlagerung der Aufmerksamkeit von einer Modalität zur anderen zuzulassen, während der Reiz der zweiten Modalität noch physikalisch präsent war (s. auch TULVING & LINDSAY 1967).

Im folgenden sollen zwei Forschungsansätze näher betrachtet werden:

(1) Die Auswirkung vorangehender bzw. nachfolgender auditiver Reize auf die Verarbeitung visueller Information und (2) die Frage der intersensorischen Facilitation bei Reaktionszeiten.

3.4.3.1 DIE AUSWIRKUNG EINES VORANGEGANGENEN BZW. NACHFOLGENDEN AUDITIVEN REIZES AUF DIE VERARBEITUNG VISUELLER INFORMATION

Wie schon darauf hingewiesen, läßt es sich nachweisen, daß bei Darbietung von zwei Reizen, getrennt durch ein kleines aber variables Intervall (ISI), die Reaktionszeit auf den zweiten Reiz eine inverse Funktion der Dauer des ISIs ist. Die daraus resultierende Annahme einer 'psychologischen Refraktärzeit' führte zu zahlreichen theoretischen Überlegungen, auf die bereits hingewiesen wurde. Dabei stellt sich das gängige Design folgendermaßen dar: Reaktionszeiten werden unter zwei identischen experimentellen Bedingungen gemessen; allerdings wird in einem Fall der erste Reiz fortgelassen (GOTTSDANKER & WAY 1966, NICKERSON 1968). Auf diese Weise wird die Reaktionszeit auf den zweiten Reiz mit variierenden ISIs direkt mit Reaktionszeiten verglichen, die

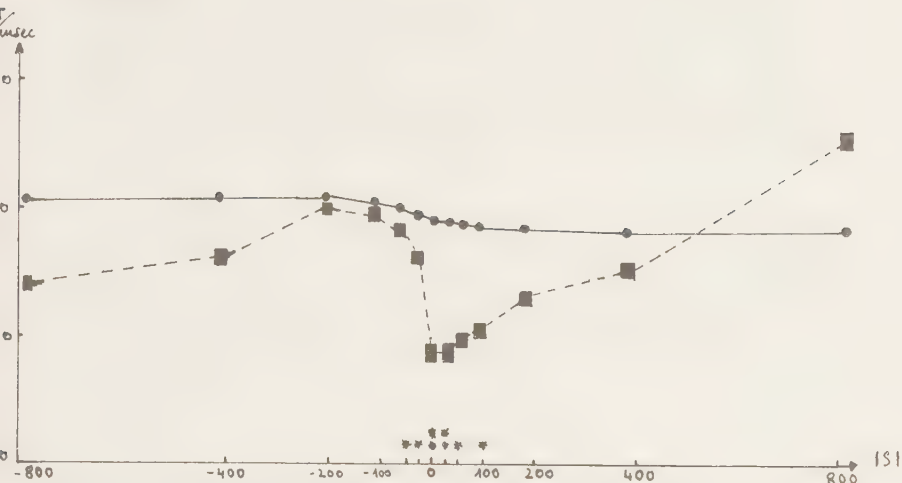
bei sonst gleichen Bedingungen sich nur durch das Fehlen des ersten Reizes unterscheiden.

Als kritisch stellt sich die Frage nach der Vergleichbarkeit der beiden Bedingungen. Vieles spricht für die Annahme, daß bedingt durch das Wissen der Versuchsperson, um das Auftreten von zwei Reizen, die Reaktion qualitativ etwas anderes darstellt, im Gegensatz zum Erscheinen nur eines Reizes.

Aus diesen Überlegungen entstand ein völlig neuer Typ von Untersuchungen und Fragestellungen. Man ging dazu über, die Versuchsperson im Unklaren zu lassen, wann der 'unerwünschte' bzw. Störreiz auftrat. Er konnte sowohl vor, als auch nach dem kritischen Reiz erscheinen (NICKERSON 1970). Zusätzlich wurde die Kontrollsituation aufrechterhalten, in der nur der kritische Reiz dargeboten wurde. NICKERSON (1970) variierte die Bedingungen zusätzlich, indem er die Störinformation über den auditiven und die kritischen Reize über den visuellen Kanal gab. ISIs von folgender Dauer wurden verwandt: 0,25,50,100,200,400 und 800 msec. Eine Teildarstellung der Ergebnisse ist aus Abb. 3.2. ersichtlich.

Das interessanteste Ergebnis ergibt sich zweifelsfrei im mittleren Bereich, in dem der kritische Reiz als auch der Störreiz relativ schnell aufeinanderfolgen bzw. das ISI kurz ist. In diesem Bereich (- 25 bis 100 msec) erhält der Autor signifikante Unterschiede zur Kontrollsituation und zwar dahingehend, daß keine Verzögerung der Reaktionszeit auftritt. Im Gegenteil, es scheint so, als habe das Auftreten des auditiven Reizes einen sogenannten 'facilitative' Effekt auf die kritische Reaktion. Eigenartigerweise kommt es sogar dann zu verkürzten Reaktionszeiten auf visuelle Reize, wenn der auditive kurz danach auftritt (25 msec). Ähnliche Ergebnisse finden sich auch bei BERTELSON (1967), HERSHENSON (1962) und MORELL (1968).

Abb. 3.2.

* $p = 0.05$ ** $p = 0.01$ 

BERNSTEIN (1970) stellt die Frage: "Können wir gleichzeitig sehen und hören" ("can we hear and see at the same time"), die durch KRISTOFFERSON (1967) noch präziser gestellt wird: "Attention is thought of... as the result of a gating mechanism, which controls the flow of information from the sensory display areas into a central data processor. The gating is all or none; the central processor being open to one and only one display area or channel at any instant." Den Begriff 'channel' versteht KRISTOFFERSON als "as set of all possible messages which can be admitted simultaneously into the central processor."

Akzeptiert man diese Definition, so sollte man doch der sehr eng gefaßten Erklärung der single-channel-theory von KRISTOFFERSON (1967) skeptischer gegenüberstehen. Für ihn ist die minimale Aufmerksamkeitsspanne eindeutig determiniert durch eine sogenannte 'internal clock', deren physiologisches Korrelat sich im Alpha-Rhythmus einer Person niederschlägt.

Untersuchungen zu a- und b-Reaktionen lassen die Annahme zu, daß die Dauer eines visuellen Reizes zur Evozierung einer Reaktion sehr kurz ist; und zwar weniger als 15 msec selbst bei sehr schwachen, gerade

noch wahrnehmbaren Intensitäten (RAAB & FEHRER 1962, LAPPIN & ERIKSEN 1966). In diesem Zusammenhang wird immer wieder die Frage aufgeworfen, ob ein auditiver Reiz, der in den meisten Untersuchungen als irrelevantes Ereignis auftritt, die Reaktionszeit auf visuelle Reize mitdeterminiert und welche Erklärungsmechanismen auf der Basis der single-channel-theory möglich sind.

Ein Dilemma entsteht durch folgende Überlegung: Erstens besteht die Möglichkeit, daß ein irrelevantes Ereignis zur gleichen Zeit wahrgenommen wird wie ein kritischer Reiz und damit die Annahme der single-channel-theory beeinträchtigt, bzw. andererseits wird die Leistung i.w.S. durch ein nicht erwartetes und damit nicht weitergeleitetes Signal beeinflußt.

Folgen wir der Annahme von KRISTOFFERSON (1967), bedarf es bei einer intersensorischen Stimulation letztlich zweier Kanäle, um den gesamten Input zu verarbeiten, von denen jeweils nur einer mit dem sogenannten 'central processor' verbunden ist. Die eigene unmittelbare Anmutung stellt aber diese Annahme in Frage ("...as we at least appear to be seeing a person while we hear him talk," BERNSTEIN 1970).

Das Konzept des 'channel-switching' (Umschaltung von einem Kanal zum anderen) und das 'temporary storage' können nur teilweise befriedigen. Betrachtet man die organismische Flexibilität als Teil eines informationsverarbeitenden Systems, scheinen Alternativhypothesen möglich, die einerseits die single-channel-theory unterstützen, andererseits die Verarbeitung gleichzeitig einkommender Information aus verschiedenen Modalitäten erlaubt. Eine Alternative wäre, daß hoch korrelierende Inputs aus verschiedenen Modalitäten ein- und denselben Kanal beanspruchen.

Im Fall der intersensorischen Untersuchungen sprechen zwei weitere Gründe gegen die Annahme, daß auditive und visuelle Reize durch den gleichen Kanal weitergeleitet werden. Erstens sind die meisten Versuche derart angelegt, daß die oben zitierte hohe Korrelation zwischen beiden Reizmodalitäten nicht vorliegt. Zweitens werden in allen diesen Experimenten Reaktionen auf visuelle Reize verlangt. Aber selbst bei

der Annahme, daß ein Einfluß auf den Entscheidungsprozess durch den auditiven Reiz erfolgt, ist damit noch nicht zwingend gesagt, warum auditive Informationen zu einer Erhöhung der sensorischen Alternativen im kritischen Bereich beitragen sollen; d.h. der Alternativen zwischen denen diskriminiert werden soll. Damit wäre aber eine Erhöhung der Entscheidungs- bzw. Reaktionszeit verbunden.

Wenn wir von der Annahme ausgehen können, daß der auditive Reiz solange nicht weitergeleitet wird, bis eine Reaktion erfolgt ist, kann man ihn noch als 'unerwünschte' Information bezeichnen. Bleibt man bei der klassischen Annahme, daß die unerwünschte Information zwischenzeitlich gespeichert wird, erhält man keine befriedigende Erklärung für die bei derartigen Experimenten beobachteten Ergebnisse.

3.4.3.2 EXPERIMENTELLE BEFUNDE DER INTERSENSORISCHEN FACILITATION

Wir haben gezeigt, daß der intersensorische Effekt durch die Beziehung $RT_{va} < RT_v^+$ gekennzeichnet, d.h. die Reaktionszeit in Untersuchungen mit intersensorischer Stimulation (RT_{va}) ist kürzer als die rein visuell erfolgte Reizdarbietung (RT_v). Diese Differenz verkleinert sich, sofern das Intervall zwischen den Reizen (ISI) vergrößert wird. In den bisher vorliegenden Untersuchungen werden in erster Linie Konstellationen dargestellt, in denen der auditive Reiz gleichzeitig, bzw. kurz nach dem visuellen auftritt (HERSHENSON 1962, MORRELL 1968). Unter diesen Bedingungen ließen sich signifikante Anstiege der Facilitation nachweisen, sofern die ISIs geringer als 50 msec waren, einige Male sogar bei längeren ISIs (MORRELL 1968). Da aber auf Grund der definierten Beziehung keine Reaktion auf das auditive Ereignis verlangt wird, taucht ein schwerwiegendes methodisches Problem auf. Bei den gewöhnlich verwendeten Intensitäten ist RT_a (die Reaktionszeit auf den auditiven Reiz) - sofern gemessen - in erwarteter Weise kürzer als RT_{va} . Man könnte daher folgendermaßen argumentieren: Die beobachtete Facilitation ist ein Artefact, da die Versuchsperson auf den auditiven Reiz schneller reagiert als

⁺ v = visuell

a = akustisch

auf den visuellen. Diese Annahme trifft beispielsweise auf die Untersuchungen von HERSHENSON (1962) zu. Seine Versuchspersonen kannten die drei Reizkonstellationen (auditive, visuelle bzw. visuell/auditive Stimulation) und in einem späteren Fall auch das ISI. Er versuchte die geschilderte Schwierigkeit zu umgehen, indem er einen 'Facilitationsindex' (index of facilitation) postulierte. Der Index resultierte aus einer Schätzung über die Reaktionszeit auf das 'psychologisch' erste Ereignis. Bei kurzen ISIs (kürzer als die Differenz $RT_v - RT_a$) wurde zuerst der auditive Reiz dargeboten, während bei längeren ISIs der visuelle zuerst erschien. Facilitation wurde definiert als die Differenz zwischen den hypothetischen Reaktionszeiten und den erhaltenen RT_{va} . Seine Ergebnisse waren generell positiv und erreichten ein Maximum bei Gleichheit der ISIs und der Differenz $RT_v - RT_a$. BERNSTEIN et al. (1969a) weisen darauf hin, daß diese Ergebnisse auf einem Artefact beruhen, bedingt durch die Art der Messung. Andererseits muß vermerkt werden, daß HERSHENSON nachweisen kann, daß RT_{va} eine monoton ansteigende Funktion der ISIs darstellt.

MORRELL (1968) und BERNSTEIN et al. (1969a) versuchten die Versuchspersonen davon abzuhalten, auf das auditive Signal zu reagieren, indem es gleichzeitig als Reiz für Situationsdiskrimination diente, und indem sie zusätzlich die drei Reizkonstellationen per Zufall auf den Gesamtversuch verteilten. Auch BERNSTEIN verwendete die drei Reizkonstellationen, auditiver und visueller Reiz allein, sowie miteinander gekoppelt. Der auditive Reiz stellt in einem zusätzlichen Versuch für die Versuchsperson einen sogenannten 'catch trial' dar, in der Annahme, damit ein Respondieren zu verhindern.

BERNSTEIN et al. (1969b) konnten in einem Wahlexperiment Facilitation nachweisen. Die Versuchspersonen hatten auf einen von zwei visuellen Reizen zu reagieren, die links und rechts eines Fixationspunktes erschienen. Das auditive Ereignis (1 kHz, 10 msec, 120 dB) konnte wahlweise zusätzlich auftreten oder nicht; dem lag die Hypothese zugrunde, daß ein gleichverteiltes, aber unsystematisch gekoppeltes Auftreten mit dem visuellen Reiz keine relevanten Informationen beinhalten würde.

BERNSTEIN et al. schließen aus, daß die von ihnen beobachtete Facilita-

tion kein Artefact darstellt, wie es von früheren Untersuchungen her anzunehmen ist. Es scheint so, als wäre der Effekt allein auf die Interaktion des visuellen und auditiven Reizes zurückzuführen und nicht durch einen der beiden allein determiniert.

3.4.3.3 DAS ENERGIE-INTEGRATIONS-MODELL VON BERNSTEIN

Wie schon weiter oben gezeigt, haben wir es bei der Reaktionszeit auf einen unisensorischen Reiz, mit einer inversen Funktion der Stimulusintensität zu tun, die letztlich durch das begrenzt wird, was WOOD-WORTH & SCHLOSSBERG (1962) 'irreducible minimum' nennen. Die Konzeption des 'ENERGY-INTEGRATION-MODELLS' ist durch die Annahme geprägt, daß dieser 'Intensitätseffekt' sich in allen Sinnesmodalitäten einstellt. Daraus folgt für ein angenommenes Parallelsystem, daß Intensitäten von allen Modalitäten registriert werden. Intensitätsveränderungen durch zwei zeitlich sehr eng beieinanderliegende Reize, aus unterschiedlichen Modalitäten, wirken sich stärker als eine unisensorische Veränderung aus.

Die Intensitäten des visuellen und auditiven Reizes sowie das ISI stellen die Determinanten der Facilitation dar. Zwei Spezifizierungen werden noch gemacht, sofern die Annahme gilt, daß der führende und kritische Reiz der visuelle ist. (a) Wird die Intensität des visuellen Reizes konstant gehalten, besteht eine positive Beziehung zwischen Facilitation und auditiver Intensität; das folgt auch aus der vorweggemachten Annahme, daß die Intensitätssteigerung des auditiven Reizes den Unterschied zwischen dem Fall bisensorischer und unisensorischer Stimulation anwachsen läßt. (b) Hält man die auditive Intensität konstant, wird die Facilitation eine negative Beziehung zur Intensität des visuellen Reizes erbringen. Dies folgt aus der Tatsache, daß eine bestimmte auditive Intensität proportional - gesehen im WEBER-FECHNER-schen Sinne - weniger zu einer starken als zu einer schwachen visuellen Intensität hinzufügen kann. Dies mag widersprüchlich erscheinen, doch sollte bedacht werden, daß diese Annahmen die Facilitation betreffen, also die Differenz zwischen RT_v und RT_{va} , und nicht RT_{va} selbst, die aber selbstverständlich zu beiden Intensitäten in negativer Beziehung steht.

Diese Annahme weist BERNSTEIN (1970) in einer sehr differenzierten Arbeit nach. Seine Ergebnisse sind jedoch mit Einschränkung zu betrachten, da sie auf einer Stichprobe von 4 Versuchspersonen basieren.

In einer Ausweitung postuliert er gleichzeitig ein sogenanntes 'PREPARATORY-STATE-MODEL'. Er geht von dem Ansatz aus, daß eine allgemeine Disposition oder Bereitschaft zum Reagieren besteht, die gewöhnlich noch durch ein Warnsignal verstärkt wird. Unterschiede in dieser Bereitschaft werden in Abhängigkeit des Intervalls zwischen Warnsignal und kritischem Reiz gesehen.

Die Erweiterung des Modells der Intersensorischen Facilitation basiert auf der Hypothese, daß der auditive Reiz äquivalent einem Warnsignal gesehen werden muß. Die Wirkung wird umso stärker sein, je weniger eine Versuchsperson darauf vorbereitet ist zu reagieren.

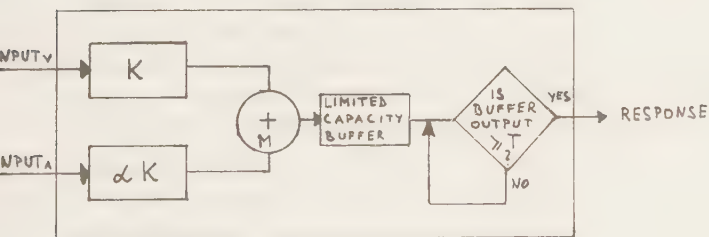
Eine Tatsache spricht für die Annahme, dem auditiven Reiz eine derartige Rolle zuzuordnen. Man weiß, daß unter Berücksichtigung logarithmischer Einheiten bei Schwellenuntersuchungen, der auditive Reiz intensiver wirkt als der visuelle. Die kürzere Erregungsfortleitung auditiver Reize läßt annehmen, daß es dadurch auch zu einer schnelleren Aktivierung entsprechender zentraler Regionen kommt, die für die 'Bereitschaft' verantwortlich sind.

Die gesamte Argumentation führt dazu, das Modell von BERNSTEIN in die Reihe der 'Parallel-Modelle' einzuordnen und damit im Gegensatz zur Single-Channel-Theorie zu sehen. Mit Nachdruck betonen BERNSTEIN, CLARK & EDELSTEIN (1969b) und BERNSTEIN (1970) den - wie sie es nennen - Parallel-Prozess der Aufnahme und Fortleitung von Information. Sie glauben durch ihre Experimente den Nachweis erbracht zu haben, daß es sich letztlich um eine gemeinsame, gleichgeschaltete Aktion der visuellen und auditiven Sinnesmodalitäten handelt. Sie postulieren ein System, das fähig ist, verschiedene sensorische Inputs zu integrieren. Ein derartiges System ist ihrer Meinung nach sehr sensibel, aber auch effizienter, da es befähigt, Reaktionen hervorzurufen, die schneller sind, als die durch nur eine Modalität allein determinierten.

3.4.3.4 DAS ENERGIE-SUMMATIONS-MODELL VON NICKERSON

NICKERSON (1970) stellt folgendes Modell (s. Abb. 3.3.) vor: Eine gewichtete Summe von visuellen und auditiven Reizintensitäten wird in einen kapazitätsmäßig begrenzten Speicher oder 'Buffer' überführt, wobei der visuelle Reiz eine höhere Intensität besitzt als der auditive; daran gekoppelt ist ein Vergleichs- bzw. Entscheidungsmechanismus. Der Einfachheit halber nimmt NICKERSON eine Quantifizierung der Zeit an und postuliert ein diskretes Operieren des Systems, wobei jedes Element eine Zeiteinheit benötigt, um den Eingang oder Ausgang zu passieren. Die Kapazität des Speichers beträgt n Ausgänge des 'Mixers', wobei unterstellt wird, daß jeweils die letzten n Ereignisse aufbewahrt bleiben, die in den Speicher gelangt sind (zu einem Zeitpunkt t_x liegen n Eingänge vor; die Ankunft eines neuen Ereignisses bedingt, daß das älteste verlorengeht). NICKERSON sagt weiter: "...suppose the output of the buffer, for any given time quantum, is the sum of its contents at that time."

Abb. 3.3.



Zwei Parameter werden eingeführt, von denen gesagt wird, daß sie teilweise der Kontrolle der Versuchsperson unterliegen: (1) α , das Ausmaß, mit der die Intensität des auditiven Reizes in Relation zum visuellen erniedrigt werden kann (Grad der Ausfilterung irrelevanter Information) und (2) T , der Kriteriums- bzw. Schwellenwert, dem der Speicherausgang gleich sein bzw. übersteigen muß, damit eine Reaktion ausgeführt wird. α kann theoretisch jeden beliebigen Wert zwischen 0 und 1 annehmen,

wobei eine Annäherung an den unteren Grenzwert sehr schwer zu erreichen ist; d.h. die Versuchsperson kann den auditiven Reiz nicht völlig ignorieren, selbst wenn sie es intendiert. Demzufolge braucht die Versuchsperson zur Diskrimination auditiver und visueller Reize nur die Parameter α und T so festzusetzen, daß der Speicherausgang niemals T übersteigt, sofern nur der auditive Reiz auftritt. NICKERSON schränkt ein: "... clearly this model is appropriate only to the reaction time situation (if at all), and is not intended to account for discrimination between auditory and visual stimuli in any general sense. It would be absurd to attempt to account for such discrimination on the basis of an intensity threshold or criterion except when there is pressure to make a very rapid decision. However, in the reaction time situation, it is at least a plausible assumption that the detection of the occurrence of a stimulus precedes the recognition of what the stimulus is, and conceivably, a response could be triggered on the basis of the former process, before the latter was completed. To the extent that this is so, the proposed scheme for rapid discrimination on the basis of intensity may make some sense." Er gibt gleichzeitig ein Beispiel, wie man sich das Funktionieren des Modells vorzustellen hat. "...for example, if the unattenuated output from the auditory component were one unit per time quantum, and if the capacity of the buffer were 100 quanta, then setting T to 50 and α to anything less than 0.5 would guarantee that the buffer output would never exceed T when only the auditory stimulus is delivered." Sollte man zusätzlich die Annahme machen, daß das System gestört (noisy) ist, muß eine Zufallskomponente mit eingeplant werden, die bei der Festsetzung von α und T in Rechnung gestellt werden muß.

Wir haben schon des öfteren darauf hingewiesen, daß der Facilitations-Effekt eine Funktion des ISIs ist. Wenn der auditive Reiz dem visuellen nachgestellt ist, und das Intervall länger ist als die benötigte Zeit, um auf den ersten Reiz zu reagieren, so sagten wir, ist kein Effekt zu beobachten. Wenn aber andererseits der auditive Reiz zu einem Zeitpunkt gesetzt wird, zu dem der Speicherinhalt noch unter dem Schwellenwert liegt, wird die Zeitspanne herabgesetzt, die sonst notwendig gewesen wäre, um zu einer Reaktion zu führen. Das Ausmaß des Herabsetzens wird demzufolge in erster Linie vom ISI abhängen. Maximale Facilitation wird dann zu erwarten sein, wenn das ISI bewirkt, daß der auditive

Reiz zusätzlich gerade zum Überschreiten des Schwellenwertes führt, bzw. sofern der auditive Reiz zuerst auftritt, er den Speicherinhalt bis kurz unter den Schwellenwert anhebt, so daß bei Auftreten des visuellen Reizes der Schwellenwert sofort erreicht ist.

Der Einfluß des ISIs wird letztlich nicht durch die Stimulusintensitäten, sondern auch durch die Festsetzung der beiden Parameter α und T mitbestimmt.

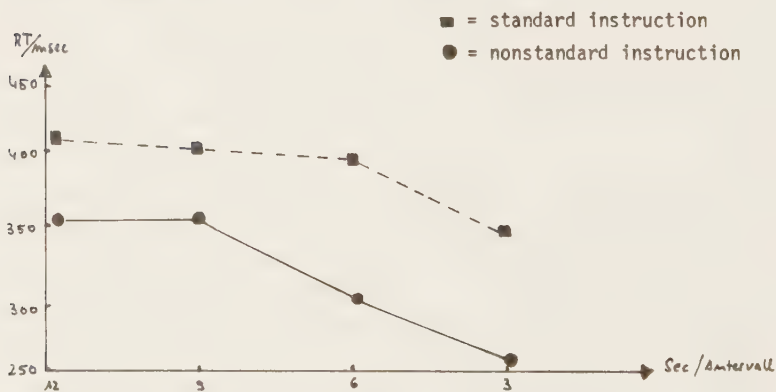
Das Modell impliziert, daß das gleichzeitige Auftreten eines auditiven und visuellen Reizes einen Effekt hervorruft, äquivalent einer Intensitätssteigerung des letzteren, sofern man von einem konstanten α und T ausgehen kann. Das Wissen um das Auftreten des auditiven Reizes wird zu einer relativen Erhöhung des Schwellenwertes (T) führen, gegenüber der Erwartung eines allein dargebotenen visuellen Reizes; dies geschieht, um zu vermeiden, daß allein schon auf den auditiven Reiz reagiert wird.

Nach NICKERSON ist die Äquivalenzannahme überprüfbar. Demnach müßte eine unerwartete Intensitätssteigerung eine Erhöhung des Facilitationseffektes bedingen bzw. ein unerwarteter Abfall das Gegenteil hervorrufen. Die Schwierigkeit besteht darin, daß wahrgenommene Intensitätsveränderungen zu einer Einregulierung der Parameter α und/oder T führen können, die nicht unbedingt der Kontrolle der Versuchsperson unterworfen ist.

4. DER EINFLUSS VON PERSONENPARAMETER i.w.S. AUF DIE REAKTIONSZEIT

4.1 INSTRUKTION UND MOTIVATION

Es zeigt sich, daß die Instruktion bei Reaktionszeitversuchen von eminenter Bedeutung ist. Zwei Komponenten spielen dabei eine Rolle: Schnelligkeit und Genauigkeit. Die Beziehung zwischen diesen beiden Komponenten läßt sich wie folgt beschreiben: Wird die Geschwindigkeit mehr betont, so sinkt die Reaktionszeit, dafür steigt aber die Anzahl der Fehler. Umgekehrt finden wir eine geringere Fehleranzahl bei steigender Reaktionszeit, sofern ein stärkeres Gewicht auf die Genauigkeit gelegt wird. Dies ist in erster Linie bei b-Reaktionen zu beobachten. WORREL & WORREL (1963) variierten die Instruktion folgendermaßen: Die Standardinstruktion begann - "This is an experiment to measure your speed of reaction to light" - während die Instruktion für die zweite Gruppe lautete - "this is an experiment concerning how you accomodate to light." Später wurde für die erste Gruppe ein zusätzlicher Hinweis gegeben: "When you see the white light, lift your finger from the button, as fast as you can" - und - "remember that speed is the important thing, as I will be timing you on every trial." Zusätzlich wurden die Intervalle zwischen den einzelnen Trials variiert (von 12 sec bis 3 sec, s. Abb. 4.1.).



Diese Untersuchung steht in Einklang mit früheren Ergebnissen, die

den Einfluß einer Standardinstruktion auf die Geschwindigkeitskomponente untersuchten. Damit zusammenhängend wurde die Annahme gemacht, daß der Hinweis auf die Geschwindigkeit, mehrere motivationale Aspekte beinhaltet (ALPER 1946, CASTANEDA & PALERMO 1955, HARLESTON 1961).

BRICKENKAMP (1962) überprüft in einer Untersuchung die Frage, ob und wie weit die Kenntnis der Fehler und die Aufforderung, sie künftig zu vermeiden, das Reaktionsverhalten beeinflussen. Es zeigte sich unter anderem, daß die Gruppe der Versuchspersonen, die über ihre Fehler in der ersten Phase des Versuchs informiert worden war, in der zweiten Phase zu einem Leistungsanstieg kam, der den normalen Übungseffekt einer Kontrollgruppe signifikant übertraf. BRICKENKAMP kommt zu dem Schluß, daß das Reaktionsverhalten mehr von Situationsparametern als von länger überdauernden Persönlichkeitsvariablen abhängig ist.

Eine andere motivationale Komponente stellt die Angst dar, wie sie mit der MANIFEST ANXIETY SCALE (MAS, TAYLOR, 1956) gemessen wird. Dabei läßt sich beobachten, daß die Ergebnisse bei weitem nicht einheitlich sind.

WENAR (1954) ging von HULLs Postulat aus, daß es einen 'TOTAL DRIVE' gibt, der sich aus einem 'relevanten und einem irrelevanten Drive' zusammensetzt. Er stellte folgende Hypothese auf: "...the relative increase in drive of anxious and nonanxious individuals is a function of different intensities of stimulation. On the assumption that, in a reaction-time study, anxiety can be considered as contribution to the irrelevant drive and stimulus intensity can be considered as contributing to the relevant drive, Hull's formula for drive combination is used to predict that the total drive level of anxious individuals would be greater than that of nonanxious individuals, but that increase in stimulus-intensity would result in a reduction in the difference in the total drive level between the two groups."

Ängstliche und nicht-ängstliche Versuchspersonen wurden durch ihren Score im MAS (oberen 20% vs. unteren 20%) definiert. Stimulusintensität wurde variiert, indem ein starker oder schwacher elektrischer Schlag am Unterarm appliziert wurde, bzw. man verwandte einen Summton

als Signalreiz. Die Ergebnisse zeigen, daß sowohl ein Anstieg in der MAS, als auch ein Anstieg der Stimulusintensität zu einer Verkürzung der Reaktionszeit führt. Eine Veränderung der Differenz zwischen beiden Gruppen in Abhängigkeit zur Stimulusintensität konnte jedoch nicht nachgewiesen werden. WENAR sieht darin einen Indikator für die Annahme, daß sowohl MANIFEST ANXIETY als auch Stimulusintensität einen motivationalen Effekt haben.

GRICE (1955) kommt zu dem Schluß, daß unterschiedliche Reaktionszeiten bei ängstlichen und nicht-ängstlichen Versuchspersonen, so wie sie durch die MAS definiert sind, nicht unbedingt auf den unterschiedlichen Grad der Ängstlichkeit zurückzuführen sind. Vielmehr ist anzunehmen, daß eine Beziehung zwischen Intelligenzvariablen und der MANIFEST ANXIETY besteht, die für die Differenz verantwortlich gemacht werden muß.

Ebenfalls zu keiner klaren Beziehung zwischen MANIFEST ANXIETY und Reaktionszeiten kommt FARBER (1966). Er konnte zeigen, daß experimentell induzierter Stress in Verbindung mit MANIFEST ANXIETY keine eindeutige Vorhersage auf der Reaktionsseite zuläßt.

Von einem differenzierteren Ansatz geht WACHTEL (1968) bei seiner Untersuchung über den Zusammenhang von Angst und Reaktionszeit aus. Er stellt die sogenannte EASTERBROOK-HYPOTHESE (EASTERBROOK 1959) in den Mittelpunkt seiner Überlegungen und sagt: Experimentell hervorgerufene ANXIETY führt zu einer verkürzten Response, sofern sich der Signalreiz im peripheren Aufmerksamkeitsfeld befindet. Versuchspersonen, die den elektrischen Schlag nicht bekommen, zeigen keine unterschiedlichen Reaktionszeiten, wenn der Signalreiz im zentralen Aufmerksamkeitsbereich erscheint; haben jedoch signifikant längere Reaktionszeiten auf Reize, die zufällig im peripheren Bereich auftauchen. Diese Annahmen wurden auf der ganzen Linie bestätigt.

4.2 ALTER UND GESCHLECHT

Als zwei wichtige Aspekte, die für die Vorhersage der Reaktionszeit unum-

gänglich scheinen, werden immer wieder das Alter und das Geschlecht der Versuchsperson angeführt. HICK (1952) und HYMAN (1953) weisen eine lineare Beziehung zwischen der Anzahl der Bits auf der Stimulusseite und der Reaktionszeit bei jungen Versuchspersonen nach. SUCI, DAVIDOFF & SURWILLO (1960) konnten zeigen, daß diese Linearität gleichermaßen für ältere (60 - 70 Jahre) wie für jüngere Personen (17 - 35 Jahre) besteht. (s.Abb. 4.2.)

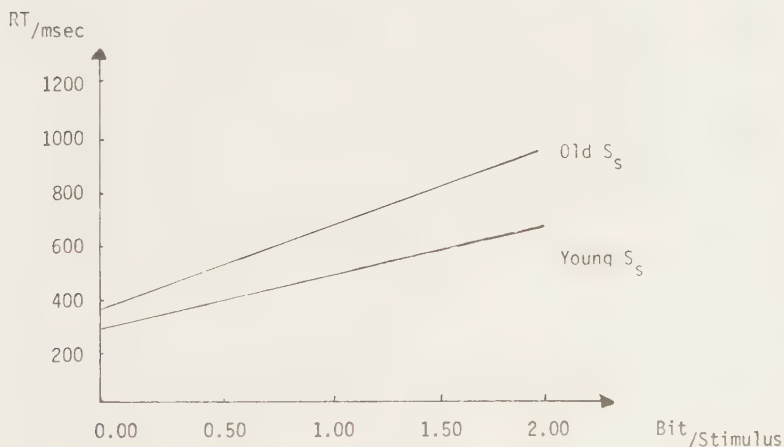


Abb.: 4.2

Gleichzeitig weisen sie nach, daß bei steigender Stimulusinformation die interindividuelle Differenz der Reaktionszeit ansteigt.

SIMON & WOLF (1963) fanden diese letzte Aussage in ihrer Untersuchung nicht bestätigt. Ihre Studie befaßte sich mit der Auswirkung verschieden schwieriger Stimulusbedingungen auf die 'choice-reaction-time' zweier Altersgruppen (20-30 Jahre vs. 65-86 Jahre). Sie konnten nur zeigen, daß die Reaktionszeit bei steigendem Schwierigkeitsgrad der Stimulusanordnung zunahm, und daß die Gruppe der älteren Versuchspersonen längere Reaktionszeiten aufwies. Die Differenz zwischen den beiden Gradienten blieb konstant; die Interaktion von Aufgabenschwierigkeit und Alter war nicht signifikant.

Einen ähnlichen Ansatz finden wir in der Arbeit von TOLIN & SIMON (1968). Sowohl Bewegungszeit als auch Reaktionszeit waren langsamer bei komplexeren als bei einfacheren Aufgaben. Die Differenz war bei älteren Per-

sonen (66-87) signifikant größer als bei jüngeren (18-30).

Als zusätzlicher Prädiktor wurde von BOTWINICK & THOMPSON (1966) das Geschlecht hinzugenommen. Sie bildeten 4 Untergruppen (ältere Frauen/Männer und jüngere Frauen/Männer). Die Reaktionszeit wurde von ihnen geteilt in 'Premotor Time und Motor Time'. Zwar konnte die Beziehung zwischen verlängerter 'Premotor Time und Motor Time' - somit auch der Reaktionszeit- und dem Alter der Versuchspersonen aufgezeigt werden, jedoch war die Interaktion zwischen Alter und Geschlecht nicht signifikant. Dies steht im Widerspruch zu einer früheren Untersuchung derselben Autoren - BOTWINICK & THOMPSON (1962) - in der sie zu dem Ergebnis kamen, daß ältere Frauen kürzere Reaktionszeiten haben als ältere Männer, aber jüngere Männer dafür schneller als jüngere Frauen reagieren. BOTWINICK & THOMPSON (1968) zeigen zusätzlich, daß ältere Versuchspersonen eine signifikant höhere Variabilität ihrer Reaktionszeiten aufweisen, unabhängig vom Intervall zwischen Warnsignal und Reiz.

Einen interessanten Beitrag stellt die Arbeit von SIMON (1967) dar. Er befaßt sich mit der Wirkung einer Umkehr der auditiven Reiz/Reaktions-Korrespondenz auf die Reaktionszeit zweier Altersgruppen (18-25 vs. 65-86 Jahre). Die Versuchspersonen mußten in zwei verschiedenen Anordnungen einmal korrespondierende Reaktionen (Ohr und reagierende Hand lagen auf der gleichen Körperseite), das andere Mal nicht korrespondierende Reaktionen (Ohr und reagierende Hand lagen auf verschiedenen Körperseiten) ausführen. Die Ergebnisse zeigen signifikante Unterschiede der Reaktionszeit als Funktion des Alters, des Geschlechts, sowie der Komponente 'Korrespondenz/Nicht-Korrespondenz'. Liegen Reiz und Reaktion nicht auf der gleichen Körperseite, kommt es zu einer stärkeren Verzögerung der Reaktionszeit bei älteren als bei jüngeren und gleichzeitig bei weiblichen gegenüber männlichen Personen.

DRINKWATER (1968) ging von einer praxisbezogenen Fragestellung aus. Es wurde Reaktionszeit und Genauigkeit bei männlichen und weiblichen Zivilpiloten gemessen. Verschiedene Fluglagen wurden mit Hilfe von 3 Fluginstrumenten simuliert. Unter keiner der verschiedenen Bedingungen ergaben sich zwischen Männern und Frauen Unterschiede; es zeichnete sich

aber ein Trend ab, daß bei Aufgaben, die Schnelligkeit und Genauigkeit verlangen, Frauen anfangs genauer sind als Männer und an Schnelligkeit durch Übung gewinnen, während Männer anfangs schneller als Frauen reagieren und die Genauigkeit im Laufe der Versuche zunimmt.

4.3 BEHALTEN UND WIEDERERKENNEN

Als ein wesentliches Moment, das zur Beeinträchtigung der Informationsaufnahme führt, muß das Wiedererkennen von Signalen angeführt werden. Dabei wird davon ausgegangen, daß das Problem des Wiedererkennens in erster Linie bei komplexen Reizkonstellationen zum Tragen kommt. Befragungen von Personen, die häufig unter erschwerten Bedingungen Informationen aufnehmen müssen, ergeben eine große Anzahl von Klagen hinsichtlich der Erschwerung der Verständigung bei verbaler Kommunikation, beim Rezipieren von Rundfunk-, Fernsehsendungen usw.

HÖRMANN et al. (1967) gingen dieser Frage nach und versuchten festzustellen, in wieweit die Erschwerung der Kommunikation über den bloßen Erlebnisbereich hinaus, sich in 'objektiven' Verhaltensdimensionen, genauer in der Aufnahme und Verarbeitung der dargebotenen Information erkennen läßt.

Als Experimentalgruppe diente eine Stichprobe, die sich aus Flughafenanwohnern zusammensetzte. Die Annahme war, daß diese Versuchspersonen hinsichtlich des bloßen Erkennens bzw. Dekodierens von unter akustisch erschwerten Bedingungen dargebotenem Material Unterschiede im Vergleich zu einer Kontrollgruppe zeigen. Implizit wird hypostasiert, daß spezifische Personengruppen, die häufig unter ungünstigen Bedingungen Information aufnehmen müssen, sich durch Lernprozesse Mechanismen aneignen, die zu einer effektiveren Problembewältigung, d.h. in diesem Fall Informationsverarbeitung unter erschwerten Bedingungen führen.

Den Versuchspersonen wurden 20 zweisilbige Wörter unter gleichzeitigem Breitbandrauschen dargeboten; die 'signal-to-noise-ratio' war so bestimmt, daß durchschnittlich 50% der Wörter verstanden wurden. Die Aufgabe der Versuchspersonen bestand in der Identifikation der dargebotenen Wörter. Es zeigte sich, daß Versuchspersonen der Experimentalgruppe und Kontroll-

gruppe sich hinsichtlich dieser Identifikationsleistung nicht voneinander unterscheiden.

Aus Experimenten von BROADBENT (1958) ist bekannt, daß auch unter äußerst ungünstigen akustischen Bedingungen, dargebotenes Material in erstaunlich hohem Maße dekodiert wird. Die Ursache hierfür ist weniger in dem geringen Schwierigkeitsgrad der Aufgabe, sondern wohl mehr in dem kompensatorischen Energieaufwand der Versuchspersonen zur Vermeidung der durch mangelnde Informationsaufnahme bedingten subjektiven und objektiven Verunsicherung zu suchen. Experimente von RABBITT (1966) weisen in diese Richtung. Er stellte fest, daß - gemessen an der Zahl der Identifikationen - Wörter unter ungünstigen akustischen Bedingungen gleichgut dekodiert werden, wie unter akustisch optimalen Bedingungen, jedoch wahrscheinlich auf Kosten der für die kognitiven Operationen am gehörten Material zur Verfügung stehenden 'spare capacity'. Prüfte er nämlich in Abhängigkeit von den jeweiligen akustischen Bedingungen, wieviele von den zuvor identifizierten Wörtern behalten wurden, zeigten sich eindeutig schlechtere Leistungen bei unter ungünstigen akustischen Bedingungen dargebotenem Material. Die Identifikation der unter Breitbandrauschen dargebotenen Wörter kostete offensichtlich Zeit, die bei einer nur im beschränkten Maße zur Verfügung stehenden Gesamtzeit für das Einprägen der zu identifizierenden Wörter nicht mehr zur Verfügung stand (verloren ging).

Diese Befunde legen nahe, als Kriterium für die Beurteilung der Dekodierleistung zwei wesentliche Parameter zu berücksichtigen: (a) die Anzahl der identifizierten Wörter und (b) die für diese Identifizierung aufgewendete Energie, die allerdings schwer meßbar sein dürfte.

4.4 BEDEUTSAMKEIT UND INFORMATIONSVERARBEITUNG

Ein bisher selten untersuchter Problembereich ist der Zusammenhang des 'Wertes' oder der Bedeutsamkeit eines Signals für den Beobachter einerseits und die dadurch mit determinierte Informationsverarbeitung andererseits.

Hier liegt ein methodisch äußerst schwierig zu realisierender Ansatz vor; Faktoren wie Wichtigkeit oder Bedeutsamkeit sind hauptsächlich subjektive

Aspekte eines Informationsträgers und damit schwierig zu quantifizieren bzw. in den Griff zu bekommen. Zur Frage der inter-individuellen Vergleichbarkeit kommt zusätzlich die der intraindividuellen Konsistenz.

Die wenigen Untersuchungen, die den Einfluß von unterschiedlichen Bedeutsamkeitsmomenten auf die Informationsverarbeitung untersuchen, führen zu dem allgemeinen Ergebnis, daß die Geschwindigkeit für die Aufnahme spezifisch bedeutsamer Signale bei sonst gleichen Bedingungen des Informationsangebots wesentlich erhöht werden kann.

LEONTJEW & KRINTSCHIK (1964) gehen bei ihrem Experiment von der Möglichkeit aus, bestimmten Reizen des Signalssamples eine besondere Bedeutung zuzuordnen. Die Versuchspersonen wurden instruiert auf diese 'Havarie'-reize, wie sie von den Autoren genannt wurden, in einer bestimmten Zeitspanne zu reagieren, anderenfalls wurde der Versuch abgebrochen und nicht bewertet. Für die Teilnahme am Experiment wurden die Versuchspersonen finanziell belohnt.

Zwei interessante Befunde konnten nachgewiesen werden: Erstens kam es zu einer wesentlichen Verkürzung der Reaktionszeiten auf Reize, die als 'bedeutsam' gekennzeichnet waren und zweitens ließ sich eine Veränderung in der Beziehung zwischen Umfang des Informationsangebots und der Reaktionszeit nachweisen, die sich in der Verringerung einer Konstanten 'b' zeigen läßt. Diese Konstante bezieht sich nach HICK (1952) auf den Winkelanstieg der Geraden, die die lineare Beziehung zwischen Wahlreaktionszeit und mittlerem Informationsgehalt der Wahlmöglichkeiten widerspiegelt. Häufig wird diese Konstante auch als Ausdruck für die Geschwindigkeit der Informationsverarbeitung interpretiert.

Die Autoren schließen bei der Interpretation auf eine kognitive Umstrukturierung bei der Versuchsperson, die durch eine Akzentuierung besonderer Signale initiiert wird. Die Ergebnisse weisen darauf hin, daß eine gesetzmäßige Organisation des Verhaltens vorliegt, die sich in einer effektiveren Bewältigung der gestellten Aufgaben manifestiert. Die Verringerung des Winkelanstieges, bzw. die daran geknüpfte Annahme einer Geschwindigkeitserhöhung der Informationsaufnahme führt zu der Schlußfolgerung, daß die Akzentuierung bestimmter Reize, mit einer wesentlichen Erhöhung der

Geschwindigkeit der Informationsverarbeitung bzw. mit einer Intensivierung des Wahrnehmungsprozesses verbunden ist.

In einem weiteren Experiment der gleichen Autoren wird zusätzlich die Bedeutsamkeit des Reizes variiert. Drei Reize aus einem Gesamt von acht waren mit Bedeutsamkeitsstufen belegt, die sich allerdings nicht unmittelbar quantitativ, sondern nur qualitativ miteinander vergleichen ließen. Wurde eines übersehen oder zu spät beantwortet (eine Zeitgrenze war festgelegt), leuchtete entweder eine Lampe auf, die Versuchsperson bekam einen leichten elektrischen Schlag oder beim dritten bedeutsamen Signal fiel die Versuchsanordnung aus.

Auch in diesem Fall lassen sich die beiden oben erwähnten Ergebnisse wieder nachweisen, doch zeigt sich gleichzeitig, daß die Größe der Veränderungen der beiden Parameter (Verkürzung der Reaktionszeiten bei bedeutsamen Reizen und Veränderung des Winkelanstieges) für die verschiedenen Bedeutsamkeitstypen unterschiedlich ist.

Allgemein kann gesagt werden, daß die Belegung der Reize mit für die Versuchsperson bedeutsamen Inhalten, Verhaltenstendenzen initiiert, die im Sinne einer Wachsamkeitshaltung oder Aktivierung interpretiert werden können.

Die Autoren weisen darauf hin, daß die beiden aufgezeigten Parameter als methodisch ausbaubare Ansätze für eine Skalierung subjektiver Erlebnismomente gegenüber bestimmten Signalträgern betrachtet werden können.

Eine Erklärung dieser Phänomene scheint auf den ersten Blick schwierig; geht man davon aus, daß die Möglichkeiten der sensorischen Informationsverarbeitung (z.B. in Form der bekannten Kanalkapazität des menschlichen Organismus) annähernd bekannt sind, so können für eine darüber hinausgehende, noch schnellere Informationsverarbeitung nur Personenparameter zur Erklärung herangezogen werden, die den Wahrnehmungsprozess beeinflussen.

Auf Grund dieser Überlegungen lassen sich mehrere Arbeitshypothesen aufstellen:

- (1) Es besteht die Möglichkeit, daß die aufgezeigte Verkürzung der Reaktionszeiten bei bedeutsamen Reizen zu einer Verlängerung der Reaktionszeiten bei allen übrigen neutralen Signalen führt, d.h. für die Summe der Reize bleibt die Verarbeitungsgeschwindigkeit konstant.
- (2) Es ist denkbar, daß die Effektivität der Gesamt-Informationsverarbeitung abnimmt, obwohl kritische, also bedeutsame Reize, schneller verarbeitet werden. Das würde bedeuten, daß sich eine negative Auswirkung durch die schnellere Verarbeitung von bedeutsamen Signalen für die Reaktion auf neutrale Reize ergibt. Diese Überlegungen hätten erhebliche Auswirkungen auf die Praxis, wenn man demzufolge davon ausgehen müßte, daß die Verarbeitung eines Teils der Information zu Lasten eines anderen geht.
- (3) Die dritte Möglichkeit ließe sich folgendermaßen skizzieren: die schnellere Verarbeitung von bedeutsamen Reizen hat zur Folge, daß gleichzeitig auch für neutrale Signale kürzere Reaktionszeiten auftreten. Im Sinne bekannter Aktivierungstheorien kann man sich eine physiologische Ausdehnung auf zusätzliche Bereiche vorstellen, die eine den gesamten Informationsverarbeitungsprozess betreffende Beschleunigung zur Folge hat.

4.5 AUFMERKSAMKEIT, AKTIVATION, AROUSAL

Es kann an dieser Stelle nicht unsere Aufgabe sein, einen historischen Überblick der Aufmerksamkeitsforschung zu bieten. Die teilweise sehr heftig geführte Auseinandersetzung läßt sich über einen Zeitraum von mehr als 50 Jahren zurückverfolgen und nur eine Operationalisierung - etwa das Auffinden meßbarer Dimensionen - kann eine Lösung näherbringen.

Ein starker Impuls des modernen Aktivationskonzepts ist durch die Unterscheidung von selektiven und Intensitätsmerkmalen der Aufmerksamkeit gegeben. Schon früh wurde die Beobachtung gemacht, daß sich die Reaktionen eines Organismus nicht nur hinsichtlich des Reizes unterscheiden, auf den sie erfolgen, sondern daß Reaktionen zum selben Reiz unter verschiedenen Umständen von verschiedener Stärke sein können. Während sich die klassische Aufmerksamkeitsforschung im besonderen mit der Auswahl-

funktion befaßte, sind neuere Untersuchungen zur Aktivierung fast ausschließlich mit der Reaktionsintensität beschäftigt und mit der Frage, wovon die unterschiedliche Erregbarkeit des Organismus abhängt.

Eine grundsätzliche Annahme war, daß die Intensität der Aufmerksamkeit - zumindest in einem psychologischen Experiment - nur mit Hilfe einer ganzen Reihe von Wahlmöglichkeiten bestimmt werden kann. Die Folgerung bestand in der Annahme, durch eine Analyse kontinuierlicher Reaktions-tätigkeiten Information über die Meßbarkeit einer derartigen Dimension zu erhalten; d.h. die Intensität der Aufmerksamkeit nimmt unter dem Einfluß von Ermüdung ab, und man beobachtete eine Zunahme von 'Fehlern bzw. Lücken' im Reaktionsablauf (BILLS 1931, LEWIN et al. 1943, BROAD-BENT 1953, 1958).

Während die Aktivierungstheorie herkömmlicherweise eine 'intra-individuelle Verhaltenstheorie' darstellt, die intra-individuelle Leistungsschwankungen auf Änderungen des Aktivationsgrades in derselben Person zurückführt, kann derselbe theoretische Ansatz auch auf interindividuelle Leistungs-differenzen angewandt werden. Implizit ist in einem solchen Vorgehen die Annahme enthalten, daß verschiedene Versuchspersonen sich nicht nur momentan, sondern auch in ihrem habituellen Aktivationsniveau reliabel unterscheiden.

In letzter Zeit zeigte sich die Notwendigkeit, andere Methoden als Dauerexperimente anzuwenden, um die Aufmerksamkeitsintensität in den Griff zu bekommen. Die wichtigste Alternative ist in dem psychologischen Ansatz des 'arousal' bzw. der Aktivierung zu sehen. Diese Untersuchungsrichtung ist vor allem durch neuere neurophysiologische Ergebnisse wieder interessant geworden. Die Annahme ist nicht neu, daß man sich durch physiologische Messungen wie Hautwiderstand, Muskelspannung, Pulsfrequenz, EEG etc. Information über den Grad der Aufmerksamkeitsintensität verschaffen kann.

Das Konzept der Aktivierung enthält die Vorstellung eines generalisierten Erregungszustandes, der entweder einheitlich reduziert oder einheitlich gesteigert ist, im Gegensatz zur psychophysiologischen Betrachtung der Affekte, bei der die Frage nach der Spezifität bestimmter Erregungen

im Vordergrund steht (s. FAHRENBURG 1967).

Zwei wesentliche empirische Zugänge lassen sich hinsichtlich der 'Dimension der Intensität' unterscheiden: (a) der neurophysiologische Ansatz, der sich in erster Linie auf EEG-Daten stützt (LINDSLEY 1960) und (b) der verhaltensphysiologische Ansatz (DUFFY 1962).

(a) Der neurophysiologische Ansatz:

In den letzten Jahren wurde der Analyse von EEG-Daten mit zunehmendem Maße Beachtung gewidmet. Die Registrierung von EEG-Verläufen bei unterschiedlichen Wachheitsgraden, variierend zwischen Tiefschlaf und extremer Aufmerksamkeitskonzentration, zeigt eine anwachsende Desynchronisierung des Alpha-Rhythmus. LINDSLEY (1960) weist zusätzlich auf einen hochfrequenten Beta-Rhythmus hin. Das von ihm beschriebene Aktivationsmuster führt er auf eine vermehrte Impulsabgabe des ARAS via Cortex zurück.

Auf dieser Basis untersuchte MALMO (1965) die Gradienten von EMG- und EKG-Werten in unterschiedlichen Belastungssituationen. Seine Schlußfolgerungen mündeten in der Annahme eines 'tonischen Hintergrundes' der physiologischen Gesamtaktivität. Eine quantitative Aussage über den jeweiligen Aktivationszustand erhoffte er sich durch direkte Registrierung der Entladungen des ARAS in den Cortex.

(b) Der verhaltensphysiologische Ansatz:

DUFFY verfolgt die Konzeption einer Gleichsetzung von Aktivierung und Gesamterregung, wobei diese am aktuellen Energieverbrauch des Organismus zu messen ist. Als Möglichkeit schlägt sie vor, das Erregungsniveau an einzelnen Organfunktionen festzustellen. Die gegenseitige Determination physiologischer Prozesse erschwert nach ihrer Ansicht eine exakte Analyse, rechtfertigt andererseits jedoch die Auswahl bestimmter Funktionen als Indikatoren für die Gesamterregung. Im allgemeinen werden folgende Messungen immer wieder herangezogen: ELEKTROMYOGRAMM, PSYCHOGALVANISCHE REAKTION, ELEKTROENCEPHALGRAMM, ATMUNG, FINGERPULS, BLUTDRUCK, HERZMINUTENVOLUMEN, TEMPERATUR.

Da jede Erregung als energetischer Prozess beschrieben werden kann,

scheint das Konzept realisierbar zu sein, den Erregungszustand direkt am Energieverbrauch abzulesen.

FAHRENBERG (1967) weist aber darauf hin, daß die Gleichsetzung von Aktivierung - Gesamterregung - Energiestoffwechsel biologisch fragwürdig ist; hinzu kommt eine große Meßungenauigkeit und Situationsspezifität; hier liegt aber andererseits die Grundvoraussetzung für ein derartiges Konzept.

Die Frage der funktionalen Einheit der Aktivierung als einer Verhaltenskomponente ist von physiologischer Seite selten aufgeworfen worden. DUFFY (1946) unternahm eine Faktorenanalyse von 16 indirekten Maßen der Muskelspannung, gemessen in verschiedenen Aufgabensituationen. Unter den fünf extrahierten Faktoren fand sich ein Faktor, der als hohes vs. niedriges generelles Spannungsniveau interpretiert wurde. WENGER (1946) konnte hingegen in seiner Untersuchung zur Faktorenstruktur physiologischer Variablen diesen Nachweis nicht führen.

FAHRENBERG kommt zu der Aussage, daß es keinen gültigen 'energetischen' Meßwert der Aktivierung geben kann. Zur Prüfung bleibt die Frage, in wieweit bestimmte physiologische Meßwerte als Indikatoren der Aktivierung angesehen und verwendet werden können. Dies setzt aber die Frage nach der Reliabilität und Validität bestimmter physiologischer Kennwerte voraus.

Die Kritik, gerade auch an den Arbeiten von DUFFY, ist auf den Nachweis individualspezifischer und stimulusspezifischer Reaktionstendenzen gerichtet. Gleichzeitig sind die Interkorrelationen zwischen den Variablen aus verschiedenen Funktionsbereichen sehr gering. Nach dem ISR (individualspezifische Reaktionsmuster)-Prinzip läßt sich zusätzlich sagen, daß für eine Person eine konstante Hyperaktivität eines Organsystems oder Hyperreaktivität einer Funktion feststellbar ist. Auf diesem Aktivationsindikator basierende Aussagen führen zwangsläufig zu Fehlinterpretationen. Empirisch ist über Spezifität und Generalität, Reliabilität und Validität der verwendeten Aktivationsindikatoren keinesfalls genug bekannt.

Verwunderlich ist, daß trotz dieser mangelnden Quantifizierung und Ope-

rationalisierung dieses Konzept in den letzten Jahren wiederholt aufgegriffen worden ist (WOODWORTH & SCHLOSSBERG 1962, SCHÖNPFUG 1964).

Ein besserer Zugang wird von CATTELL (1957) dargestellt. CATTELL geht davon aus, Zustandsfaktoren zu beschreiben. Er definiert dabei 'Zustand' als ein Muster von Variablen, die konstant innerhalb der Zeit kovariieren, d.h. gemeinsam fluktuieren und funktional eine Einheit bilden. Methodisch zu isolieren sind diese Muster durch verschiedene faktorenanalytische Techniken. Wir werden weiter unten noch näher darauf zu sprechen kommen.

4.5.1 AKTIVATION UND LEISTUNG

Eine der Hauptschwierigkeiten die Beziehung zwischen Aktivierung und Leistung - wie immer man sie auch definiert - zu beschreiben, liegt in der Variabilität der Auswertungen. Einige Untersuchungen, in denen Leistung und physiologische Indikatoren der Aktivierung wie EMG und PGR gemessen wurden, zeigen eine nichtlineare Beziehung; vielmehr scheint eine umgekehrt U-förmige Beziehung vorzuliegen, d.h. sehr hohe wie niedrige Aktivierung bedingt eine geringe Leistung (z.B. FREEMAN 1933, HEBB 1955, DUFFY 1957, STENNETT 1957, MALMO 1959). Untersuchungen, in denen nur ein Anstieg bzw. Abfall von Leistungsvariablen in Abhängigkeit einer anwachsenden Aktivierung aufgezeigt wurde, repräsentieren wahrscheinlich nur einen Teil des Gesamtgebietes.

WELFORD (1962) stellt in diesem Zusammenhang folgendes Konzept vor: "The simplest way of accounting for the fall in performance at high activation levels is probably to assume, that, if the stream of impulses impinging on the cortex becomes very intense, the cells there are not rendered more sensitive but are actually fired. When this happens, the cortex becomes 'noisy', so that signals coming from outside or passing from one part of the brain to another tend to be blurred. Furthermore cells which would otherwise be ready to carry signals are unavailable because they are refractory from having just fired, so that the channel-capacity of the brain is reduced. Once this point has been reached, any further increase of activation tends to impair performance rather than improve it. The essential feature of this model is that it accounts for both, the rise

and the subsequent fall of performance accompanying progressive rise of activation, without postulating more than one type of process. Both follow straightforwardly from the increase of activity in the system." (p. 265)

Legt man diese Annahme zugrunde, so muß man sagen, daß die Auswirkung des Aktivationsniveaus auf die Leistung von einem Gleichgewichtsprozess abhängig ist, der einen Facilitationsvorgang mit einem 'neural noise' bzw. einer Verminderung der Kanalkapazität in Kohärenz steht. Phänomenal haben wir es bei beiden Extremzuständen - hohe und niedrige Aktivierung - mit gleichen Auswirkungen zu tun; die Leistung ist gering, aber die Ursache-Wirkungs-Determination ist grundverschieden. Bei geringer Aktivierung ist das System schwerfällig und Signale gehen sowohl in der Peripherie als auch zu späteren Zeitpunkten verloren. Im Falle einer sehr hohen Aktivierung, beobachten wir eine Hyperreagibilität, die keine geordnete Signalaufnahme bzw. -abgabe mehr gestattet.

Daraus leitet sich ab, daß es schwierig ist, derartige Auswirkungen durch einige wenige Messungen repräsentieren zu wollen und auf der anderen Seite mit physiologischen Komponenten wie EMG, PGR etc. in Beziehung zu setzen.

4.6 VIGILANZ

Der Begriff 'Vigilanz' wird unterschiedlich definiert. Sprechen FRANKMANN & ADAMS (1962) beispielsweise von der "...attentiveness of the subject and his capability for detecting changes in stimulus events over relatively long periods of sustained observation...", so definiert MACKWORTH (1957) Vigilanz als einen Wachsamkeitszustand, der eine wahrnehmende Person in den Stand versetzt, kleine Veränderungen seiner Umgebung zu erkennen. McGRATH (1963) versucht eine Operationalisierung, indem er folgende Tätigkeitsforderungen aufstellt:

- (1) Die Aufgabe des Beobachters muß darin bestehen, das Auftreten einer genau beschriebenen Veränderung in der Wahrnehmungssituation anzugeben.
- (2) Das Signal muß über der absoluten Reizschwelle liegen, ohne die passi-

sive Aufmerksamkeit des Beobachters zu erwecken.

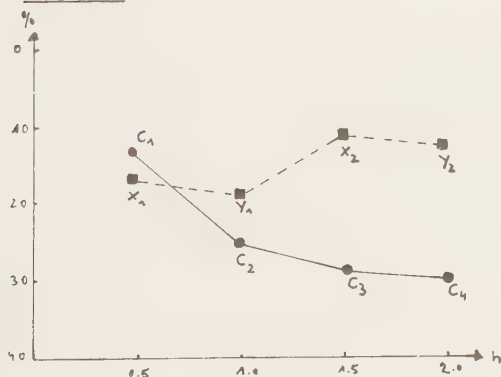
- (3) Der Augenblick des Signalauftritts darf nicht bekannt sein.
- (4) Die Tätigkeit muß über eine relativ lange Zeitdauer hinweg ununterbrochen verrichtet werden.

Erste Vigilanzuntersuchungen (MACKWORTH 1948) entsprangen rein praktischen Fragestellungen. Beispielsweise ergab sich das Problem der Ermüdung bei Radarbeobachtern, da sich gezeigt hatte, daß mit fortschreitender Beobachtungstätigkeit immer weniger Signale erkannt werden.

Die Vigilanztätigkeit wird heute als eine komplexe Aufmerksamkeitsleistung angesehen, wobei der eigentliche 'Vigilanzeffekt' doppelter Art ist. Erstens ist ein starker Rückgang der Signalerkennungsleistung von Beginn eines Versuchs an zu beobachten. Fordert man z.B. Versuchspersonen auf, Tonintensitäten zu unterscheiden, die unter klassisch psychophysischen Bedingungen in mehr als 95% aller Fälle erkannt würden, so kann diese Leistung unter Vigilanzbedingungen bis auf 70% abfallen. Dieser Effekt besteht aus einem weiteren, mit fortschreitender Arbeitszeit eintretendem Leistungsabfall (Wachsamkeitsabfall).

MACKWORTH (1957) berichtet von einem Versuch, in welchem die Personen eine Inspektionstätigkeit über 2 Stunden hinweg durchführen mußten. Vergleicht man über 4 Perioden hinweg die mittlere Anzahl erkannter Signale, so läßt sich in den meisten Fällen beobachten, daß schon in der zweiten Periode knapp 30% der Signale nicht mehr erkannt werden (s. Abb. 4.3.)

Abb.: 4.3



MACKWORTH (1950) nach BROADBENT (1971): Die Kontrollgruppe ($c_1 - c_4$) arbeitete 2 Stunden ohne Unterbrechung, während die Experimentalgruppen x und y nach einer halben Stunde jeweils für die gleiche Zeit eine Pause hatten.

Vergleicht man die Erklärungen der Vigilanzphänomene, muß man zwei Kategorien von Variablen unterscheiden: (1) Variablen, die am Reiz anzusiedeln sind und (2) Personenvariablen.

(1) Betrachtet man die erste Kategorie, so findet man in der Literatur folgende Parameter, die bisher eingehender untersucht worden sind:

- (a) Untersuchungen zur Signalfrequenz (JENKINS 1958, DEESE 1955, JERISON 1963, MACKWORTH & TAYLOR 1963, NICELY & MILLER 1957) zeigen deutlich einen positiven Einfluß auf die Leistung, und zwar insofern, als höhere Frequenzen logarithmisch zunehmend zu einer prozentualen Verbesserung der Signalerkennungen führen.
- (b) In Experimenten zur Signalwahrscheinlichkeit werden immer wieder Kombinationen neutraler und kritischer Signale verwendet. Dabei zeigt sich als primäres Ergebnis, daß bei einer Verringerung der Anzahl der neutralen Signale und erhöhten Auftretenswahrscheinlichkeit der kritischen Signale, ein positiver Einfluß auf das Anfangsniveau feststellbar ist, aber nicht auf den Wachsamkeitsabfall (JERISON 1964, COLQUHOUN 1961).
- (c) Variiert man die Signalintensität, so zeigen sich Befunde, daß intensive kritische Signale leichter entdeckt werden. Dies betrifft vor allem wiederum, wie auch bei der Signalwahrscheinlichkeit, das Anfangsniveau (ADAMS 1956), TEICHNER 1962, BAKER 1963).

Untersuchungen zur auditiven Vigilanz zeigen teilweise divergierende Ergebnisse. Man findet zwar auch die bekannte Verminderung des Anfangsniveaus, jedoch keinen wesentlichen Hinweis auf einen Wachsamkeitsabfall (ELLIOTT 1960, McGRATH 1963). Eine Aussage über eine direkte Vergleichbarkeit visueller und auditiver Vigilanz läßt sich momentan nicht machen. Zwar bestehen einige Anregungen, z.B. psychophysische Aufgaben auditiv und visuell nach der Methode des eben merklichen Unterschieds lösen zu lassen (ELLIOTT 1960), soweit bekannt, sind derartige Untersuchungen aber bisher noch nicht durchgeführt worden.

(2) Der am intensivsten untersuchte Bereich bezüglich der Erklärung der

Vigilanz durch Personenparameter ist durch motivationale Komponenten gekennzeichnet. Dabei nehmen Experimente zum Feedback einen hervorragenden Platz ein. Bereits MACKWORTH (1950) weist darauf hin, daß die Information über die richtigen Reaktionen, übersehene Signale und Fehlerreaktionen dem Wachsamkeitsabfall entgegenwirkt und die Gesamtleistung der Entdeckungsrate hebt.

BAKER (1959) bemerkt allerdings, daß solche Rückmeldungen über den Erfolg eher zum Erlernen der spezifischen Signalfolge führen, als daß dies einen motivationalen Einfluß habe. Er beobachtete, daß nicht nur die Kenntnis der Ergebnisse, sondern auch die Wiederholung übersehener Signale eine positive Wirkung auf die Leistung besitzt. In solchen Fällen wird letzten Endes kein einziges Signal verpaßt, und das Erkennen der zeitlichen Struktur der Signalfolge würde hierbei besser sein, als wenn einige Signale übersehen werden.

Wie die Beziehung zwischen Vigilanz und Feedback sich auch immer darstellt, es ist nicht zu leugnen, daß eine Rückmeldung über die Leistung in hohem Maße geeignet ist, das Leistungsniveau positiv zu beeinflussen.

Als weitere Motivationsvariablen, die nachweislich einen Einfluß auf die Vigilanz ausüben, müssen genannt werden: (a) der Einfluß von Erholungszeiten (JENKINS 1958, JERISON 1963, McCORMACK 1958, COLQUHOUN 1959), (b) die soziale Isolation (FRASER 1953, BERGUM & LEHR 1962, BAKER, WARE & SIPOWICZ 1962), (c) Auswirkung von Übung (ELLIOTT 1960, ADAMS, HUMES & STENSON 1962, WEBB & WHERRY 1960).

Einen wichtigen, aber bisher noch wenig untersuchten Aspekt betrifft schließlich die Rolle der interindividuellen Unterschiede. Häufig wird auf den interindividuellen Effekt hingewiesen, doch es finden sich letztlich nur wenige Arbeiten. So kann man als einzigen ausführlich untersuchten Bereich Arbeiten über die Determination von Varianzanteilen durch die Dimension Extraversion/Introversion ausfindig machen (COLQUHOUN 1960, BAKER 1960). Sie berichten, daß introvertierte Versuchspersonen meistens einen größeren Monotoniewiderstand besitzen als extravertierte.

4.7 ORIENTIERUNGS- UND DEFENSIVREAKTIONEN

Das Phänomen der Orientierungsreaktionen wird erstmals von PAVLOV (1927) beschrieben. Orientierungsreaktionen bzw. Orientierungsverhalten wurde seither zu einem zentralen Forschungsansatz. Fortschritte auf dem Gebiet der Neurophysiologie und der Registriertechnik führten mit der Zeit zu einer Modifizierung des PAVLOV'schen Konzepts des Orientierungsreflexes und der Orientierungsreaktion. Herausragend sind vor allem die Arbeiten von SOKOLOV (1954, 1958). Die Orientierungsreaktion wird von SOKOLOV als ein Informations-Regulations-Mechanismus dargestellt, der in der Beziehung Umwelt-Organismus eine hervorragende Rolle einnimmt.

"Durch den Nachweis von aufsteigenden und absteigenden Neuronenketten im Cortex sowie bilateralen Verbindungen zwischen Cortex und Subcortex sehen wir uns veranlaßt, die Analysatoren als selbst regulierende Wahrnehmungssysteme aufzufassen, die einerseits Signale transformieren und von der Peripherie zum Zentrum leiten und andererseits über eigene Referenzmechanismen ihren funktionellen Zustand in bestimmter Weise steuern, um die aus der Umwelt stammenden Informationen zu selektieren" (SOKOLOV 1967, p. 63).

SOKOLOV's weitergehenden Ausführungen zum PAVLOV'schen Ansatz mündeten in einer operationalen Definition, in der die erkennbaren Komponenten der Orientierungsreaktionen ein festes Gesamtkonstellation physiologischer Prozesse als Reaktion des Organismus auf einen Reiz darstellen.

Aber auch an dieser Stelle sei darauf hingewiesen, daß die Zusammenhänge zwischen einzelnen Komponenten der Orientierungsreaktionen durchweg nicht sehr hoch und eindeutig sind.

Nach dem bisherigen Forschungsstand läßt sich folgender Katalog an Komponenten und Funktionen aufstellen (nach FRÖHLICH & LAUX 1969).

Komponente:

- (1) Veränderung in den Sinnesorganen: z.B. Pupillenöffnung

Funktion:

- Schwellenerniedrigung
- Erhöhung der Sensibilität der Sinnesorgane

- | | |
|---|--|
| (2) Änderung in der Skelettmuskulatur zum Zwecke der Bewegung der Sinnesorgane: z.B. Hinwenden des Kopfes zu einer Reizquelle | Optimale Erfassung des Reizes durch Einstellen der Rezeptoren auf die Position, die deutlichstes Erkennen gewährleistet, z.B. foveales Sehen |
| (3) Allgemeine Veränderungen in der Skelettmuskulatur z.B. Erhöhung des Muskeltonus | Vorbereitung (Einstellung einer Aktivität der Muskulatur) |
| (4) Änderung im Zentralnervensystem: z.B. Desynchronisationserscheinungen | Verkürzung der Latenzzeit (LINDSLEY 1957) |
| (5) Vegetative Veränderungen | Verstärkung der Blutzufuhr zum Gehirn |
| (a) Vasokonstriktion in den Extremitäten und Vasodilatation in den Kopfgefäßen | |
| (b) Einsetzen der galvanischen Hautreaktion | Erhöhung der Hautsensibilität (SOKOLOV 1958) und Verbesserung der Greiffähigkeit der Handflächen und Fußsohlen |
| (c) Änderung der Atmung | Verbesserung der olfaktorischen Diskriminierung (SOKOLOV 1958) |
| (d) Änderung der Herzrhythmickeit | Verbesserung der Blutversorgung des Organismus |

Die Orientierungsreaktion ist vor allem durch zwei Eigenschaften gekennzeichnet: (1) Sie stellt eine relativ unspezifische Reaktion dar, ist also von der Reizmodalität weitgehend unabhängig und wird vielmehr durch quantitative und qualitative Veränderungen des Reizes ausgelöst. BERLYNE (1960) weist darauf hin, daß die Orientierungsreaktion bei bestimmten Reizparametern, wie Komplexität und Inkongruenz, häufiger und

intensiver eingesetzt als bei anderen. (2) Eine Hemmung der Orientierungsreaktion ist dann zu beobachten, wenn eine wiederholte Darbietung desselben Reizes erfolgt.

Ein wichtiger Aspekt in der SOKOLOV'schen Theorie ist die Annahme eines kortikalen Mechanismus der Reizanalyse, der Auslösung und Hemmung der Orientierungsreaktion kontrollieren soll.

Der neurophysiologischen Grundlage, dem Prozess der Auslösung und Hemmung der Orientierungsreaktion wird ein sequentielles Modell zugrunde gelegt. Die an der Peripherie einkommende Information wird über afferente Bahnen in den Cortex geleitet, wobei Impulse über Kollateralen in die Formatio reticularis gelangen. Es kommt zum Aufbau eines Erregungsmusters, in dem die gesamte Information über den Reiz enthalten ist. Bei jedem neuen Reiz kommt es zu einem Vergleich mit dem schon bestehenden Erregungsmuster. Eine Inkompatibilität, d.h. eine fehlende Übereinstimmung führt zur Auslösung der Orientierungsreaktion (durch Aktivierung der Formatio reticularis vom Cortex aus und über die Kollateralen der afferenten Bahnen). Besteht Übereinstimmung zwischen dem neuen Reiz und dem Erregungsmuster, kommt es hingegen zu einer Blockierung der Orientierungsreaktion. Für SOKOLOV besteht demzufolge die Neuigkeit eines Reizes in der Diskrepanz desselben zu einem bestehenden Erregungsmuster (s. dazu auch Abschnitt 9.5.).

Formal wird auf der einen Seite eine allgemeine und lokale Orientierungsreaktion unterschieden; auf der anderen Seite von phasischer und tonischer gesprochen (SOKOLOV 1963). Wird zum Beispiel bei der tonischen Form der Orientierungsreaktion ein allmählich sich einstellender und langfristiger Wechsel des Aktivationsniveaus beobachtet, wird die phasische Orientierungsreaktion in Form kurzfristiger Veränderungen beschrieben, die auf dem Niveau der tonischen aufbaut, so daß ihre Amplitude von der tonischen abhängig ist.

Defensivreaktionen sind wie Orientierungsreaktionen genereller Natur. Sie werden gleichermaßen durch Reize extremer Intensität provoziert. SOKOLOV verwendet den Begriff im Sinne eines 'Sich-Zurückziehens' vor schädlichen Reizen. Es gibt unmittelbare eindeutige physiologische

Prozesse, die durch ihre phänotypische Erscheinungsform auf eine Defensivreaktion schließen lassen, denken wir nur an den Lidschlag, der das Auge bei Gefahr schützt, an intensiven Lärm, Schmerz etc. Man ringt nach Luft, es erfolgt eine Konstriktion der Blutgefäße und v.m.

Der eindeutigste Weg Orientierungs- von Defensivreaktionen zu unterscheiden, ist nach SOKOLOV durch Messungen des Kopfpulses gegeben. Hierbei sind Vasodilatation- bzw. Konstriktion Indikatoren für Orientierungs- und Defensivreaktionen. Eine gute Darstellung von Beispielen gibt SOKOLOV (1958) selbst (s. Abb. 4.4. nach SOKOLOV 1958, sowie Abb. 4.5.).

Abb. 4.4

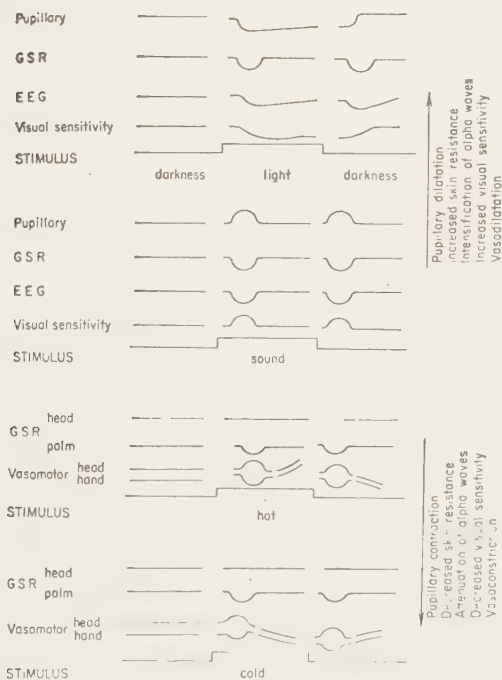
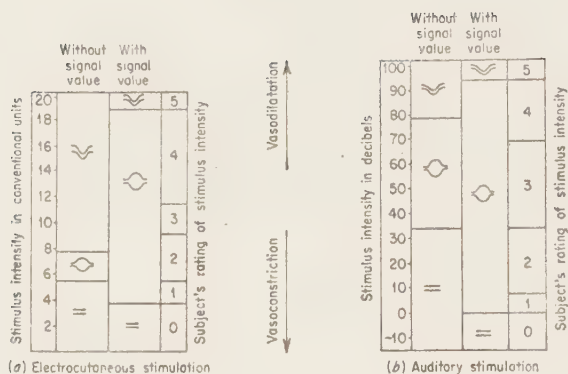


Abb. 4.5



4.7.1 DIE BEZIEHUNG ZWISCHEN EINSTELLUNGURTEILEN UND ORIENTIERUNGS- BZW. DEFENSIVREAKTIONEN

Als ein interessanter Beitrag muß ein Ansatz von GUSKI (1968) gesehen werden, der auf die Beziehung von Orientierungs- bzw. Defensivreaktionen und Reaktionszeiten hinweist. Er greift Ergebnisse von SOKOLOV (1963) auf, daß bei gleichzeitiger Messung der Gefäßzustände an der Stirn und am Finger bei niedrigen Schalldruckpegeln qualitativ andere Gefäßresponses auftreten, als bei hohen Schalldruckpegeln. Die bei niedrigen Schalldruckpegeln auftretenden Vasokonstriktionen am Finger bei gleichzeitiger Vasodilatation am Kopf ordnet er in die Kategorie der Orientierungsresponses ein, die der Informationsaufnahme förderlich sein sollen. Bei höheren Schalldruckpegeln, etwa ab 90 dB, lassen sich Vasokonstriktionen sowohl am Finger als auch an der Stirn feststellen; diese Responses nannte SOKOLOV Defensivreaktionen - sie sollen (wie schon oben vermerkt)

der Abwehr der Stimulation, also der Verringerung des effektiven Stimulus-Inputs dienen.

Angeregt durch diese Überlegungen versucht GUSKI Orientierungs- und Defensivreaktionen ohne physiologische Messungen, mit Hilfe von Reaktionszeiten, festzustellen. Wenn Orientierungsprozesse die Informationsaufnahme erleichtern sollen, dann müßten die Reaktionen auf solche, unter erleichterten Bedingungen empfangenen Signale besonders schnell erfolgen. In der Versuchsanordnung von GUSKI erhält die Versuchsperson jedoch zwei Arten von Information: Gleichmäßig weißes Rauschen, eine akustische Information ohne hohen Neuigkeitswert, andererseits optische Information, in Form von Vor- und Hauptsignalen eines einfachen Reaktionsprogramms, mit unvorhersagbaren Auftretensintervallen - also mit hohem Neuigkeitswert -. Er hypostasiert, daß akustische Zusatzreizung von geringer Intensität und geringem Neuigkeitswert das Retikulärsystem so stimuliert, daß der Organismus rezeptions- und reaktionsbereit wird. Damit befindet man sich noch auf der Argumentationsebene der herkömmlichen Aktivierungstheorie. Die Folgerung wäre, daß die Reaktionszeiten unter akustischer Zusatzreizung von geringerer Intensität allgemein kürzer werden. Da sich diese Hypothese nicht bestätigt, wird zu folgender Zusatzannahme im Sinne der Single-Channel-theory gegriffen: die fortwährende Präsenz der akustischen Zusatzreizung zwingt das informationsverarbeitende System, ständig zwischen dem optischen und akustischen Kanal hin- und herzuschalten. Dies gilt auch für Zusatzreizungen höherer Intensität, jedoch haben Zusatzreizungen geringerer Intensität eine reaktionsfördernde Wirkung, so daß die Reaktionszeiten zwar nicht generell verkürzt werden, aber dafür stark fluktuieren und sich ein gehäuftes Auftreten extrem schneller Reaktionen ergibt.

Bei sehr starken Schalldruckpegeln ist der Organismus damit beschäftigt, die Stimulation abzuwehren, mithin kann er die geforderte Aufgabe, trotz der starken akustischen Zusatzreizung, schnell auf optische Signale zu reagieren, nur schlechter erfüllen, da das informationsverarbeitende System noch seltener als bei geringer akustischer Zusatzreizung auf den optischen Kanal geschaltet wird.

Hier zeigt sich das, was TEICHNER et al. (1963) 'eigenständige Reaktio-

nen durch 'Lärm' genannt haben; der Organismus hat im Sinne der Single-Channel-Theory nicht nur die Wahl zwischen der Informationsaufnahme über den optischen oder den akustischen Kanal und der Reaktion über den 'motorischen', sondern er sucht gleichzeitig nach Möglichkeiten einer Verringerung des effektiven Stimulus-inputs. Auf diese Weise mußte sich ein gehäuftes Auftreten von verpaßten Signalen und überlangen Reaktionszeiten bei starker akustischer Stimulation ergeben.

Zur Feststellung einer Orientierungsreaktion bei vorliegenden Reaktionszeit-Daten wurde folgendes Verfahren angewandt: Für jede Versuchsperson wurde ein individueller Mittelwert und die dazugehörige Streuung berechnet. Es wurde jeweils gezählt, wieviele Einzeldaten der individuellen Versuchsperson unterhalb des Mittelwertes minus Streuung lagen. Umgekehrt wurde bei Defensivreaktionen verfahren; als Defensivreaktionen wurden einzelne Responses bezeichnet, die länger als der individuelle Mittelwert plus Streuung waren (s. dazu Begriff des 'blocks' nach BILLS 1931).

Die Regression zwischen Schalldruckpegel und der Anzahl der Orientierungsreaktionen ist kurvilinear und signifikant am 1% Niveau; sie erklärt jedoch nur 8% der Varianz dieser Orientierungsreaktionen. Eine zusätzliche Trendanalyse erbrachte einen signifikant kubischen Trend: bei sehr geringen Schalldruckpegeln - von 45 bis 70 dB - fallen Orientierungsreaktionen mit auf 70 dB steigendem Schalldruckpegel zunächst ab, um dann weiter bei auf 90 dB steigendem Pegel wieder ihre Anfangshöhe zu erreichen, dann wieder abzufallen und ab 105 dB wieder anzusteigen.

Eine Zusammenhangsprüfung zwischen Orientierungsreaktionen und einem Einstellungsurteil zu den Schalldruckpegeln der Versuchsperson erbrachte ein Eta-Quadrat von 0.154, das heißt, daß etwa 15% der Varianz der Orientierungsreaktionen in Reaktionszeiten durch die Einstellung der Versuchsperson zur Geräuschsituation determiniert werden. Zusammen mit den 8% durch den Schalldruckpegel sind damit jedoch nur 23% der Varianz von Orientierungsreaktionen erklärt.

Analog sieht die Situation für Defensivreaktionen in Reaktionszeiten aus. Nur 5% der Varianz für Defensivreaktionen in Reaktionszeiten werden durch eine kurvilineare Regression zum Schalldruckpegel erklärt. Dagegen

erbrachte die Zusammenhangsprüfung zwischen Defensivreaktion und Einstellungsurteil der Versuchsperson zur Geräuschsituation ein Eta-Quadrat von 0.180.

Mithin werden Defensiv- ebenso wie die Orientierungsreaktionen weniger durch den Schalldruckpegel, als durch die Einstellung der Versuchsperson zum Geräusch determiniert.

5. FRAGESTELLUNG UND ZIELE DER EMPIRISCHEN UNTERSUCHUNG

Nicht alle von uns dargestellten Variablen sollen Eingang in ein multiples Vorhersagemodell finden. Wir klammern die, im ersten Teil referierten, Stimulus- und Responseparameter aus und beschränken uns auf Personenvariablen.

Unser Hauptaugenmerk richtet sich dabei, wie noch näher dargestellt wird, auf physiologische Indices. Neben Persönlichkeitsvariablen (Labilität, Interferenzneigung u.ä.) werden auch Personenparameter wie Alter, Geschlecht etc. mit aufgenommen.

Die Auswahl der Prädiktoren muß letztlich unbefriedigend bleiben, da einerseits eine Orientierung an einem schon bestehenden Untersuchungsmaterial erfolgt,⁺ andererseits aber über die wechselseitige Verknüpfung der Variablen und ihre Hierarchisierung innerhalb eines gemeinsamen Ansatzes keine begründeten Annahmen gemacht werden können.

Es erscheint uns deshalb unmöglich, exakte Hypothesen zu formulieren, die einer Zurückweisung oder Aufrechterhaltung standhalten. Vielmehr ergeben sich erst aus einer multivariaten Analyse Hypothesen, die es dann in einem kontrollierten Experiment zu überprüfen gilt.

Wenn wir in der Folge einige Arbeitshypothesen formulieren, so soll damit teilweise die von uns speziell in diese Analyse eingebrachte Variablenauswahl begründet werden.

Wie erwähnt, nehmen physiologische Indices einen breiten Raum innerhalb unserer Analyse ein. Dies basiert auf der Annahme, daß eine Beziehung zwischen dem Grad der Komplexität des Reaktionsverhaltens und dem Orientierungsverhalten einer Person besteht.

+ Es handelt sich hier um einen Teilaspekt einer umfangreichen DFG-Studie zur Umweltforschung, die 1968 in München stattfand.

Komplexität des Reaktionsverhaltens wird von uns durch 3 unterschiedliche Versuchsanordnungen operationalisiert (eine ausführliche Darstellung s. unten): Reaktionsverhalten mit dem geringsten Komplexitätsgrad zeigt sich für uns in einem RT-Versuch, bei dem die Versuchsperson auf ein Signal hin eine Taste zu drücken hat. Davon abgehoben sehen wir das Verhalten einer Person in einem Tracking-Versuch (über längere Zeit hin muß ein vorgegebener Soll-Wert von der Versuchsperson nachreguliert werden) mit einem mittleren Komplexitätsgrad verbunden. Die stärkste Ausprägung der Komplexität ergibt sich im Rahmen eines Distractionsexperiments. Die Versuchsperson muß über längere Zeit relevante von irrelevanter Information auf zwei Sinnesmodalitäten unterscheiden und bestimmte Reaktionen ausführen.

Ganz allgemein kann der Auslöser für Orientierungsreaktionen in der 'Neuheit' bzw. dem 'Unbekanntheitsgrad' von Reizen gesehen werden. Die Sinnesorgane werden soweit wie möglich auf die Reizquelle gerichtet, wobei die situativ bestehende Ungewißheit eine wichtige Bedingung für die Aktivierungsbereitschaft darstellt. Die Bereitstellung der potentiellen sensorischen Kapazitäten, wie auch die latente Aktivierung der Motorik zur schnellstmöglichen Reaktion sind zwei häufig auftretende Verhaltensaspekte.

Ein wichtiges Moment ist die Entscheidung über eingegangene Information. Im einfachsten Fall wird die Reaktion ausgeführt unabhängig von der Art der eingehenden Information. Müssen höhere kognitive Leistungen vollbracht werden, wird sich die Reaktion verzögern, bis eine eindeutige Identifizierung des Reizes vorgenommen worden ist.

Sichtet man die Literaturhinweise, die sich mit der Verursachung von Orientierungsreaktionen auseinandersetzen, lassen sich zwei Dimensionen herauskristallisieren, die unserer Meinung nach für die hier vorliegenden Experimente zutreffen: (a) die Konfliktsituation und (b) die Überraschungssituation bzw. Neuheit von Ereignissen.

Die Konfliktsituation zeichnet sich dadurch aus, daß simultane oder quasi simultane, aber sich bzw. bestimmten Erwartungen widersprechende, Informationen wahrgenommen werden. Ist der Organismus gezwungen zu reagieren

und soll diese Entscheidung möglichst 'richtig' sein, so wird sich das an bestimmten physiologischen Aktivierungsindices ablesen lassen.

Die Überraschungssituation wird durch die Wahrnehmung eines bekannten Reizes, dessen Auftretenszeitpunkt aber nicht vorhersagbar ist, gekennzeichnet. Hier spielen vorangegangene Erfahrungen u.ä. eine starke Rolle. Eine Schwellensenkung hinsichtlich der Ereigniserwartung kann eintreten.

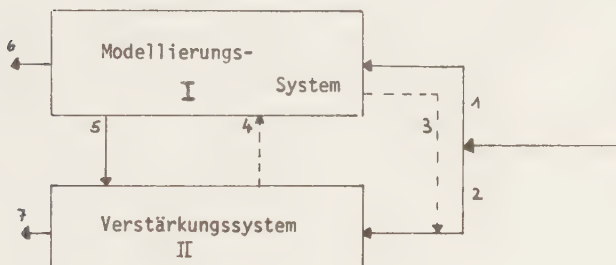
Nach SOKOLOV (1963) beobachten wir Orientierungsreaktionen nur bei einer mittleren Belastung des Organismus. Eine starke Belastung führt eindeutig zu Abwehr- und Defensivreaktionen. Er postuliert weiterhin eine erhöhte Bereitschaft der peripheren Rezeptoren im Verlauf einer Orientierungsreaktion und belegt dies durch eigene Experimente, in welchen er simultan einen visuellen und akustischen Reiz darbot, wobei die visuelle Reizintensität knapp unterhalb des normalen Schwellenwertes lag, demzufolge praktisch nicht wahrnehmbar war. Durch die zusätzliche Applikation des auditiven Reizes löste er eine Orientierungsreaktion aus, die zur Wahrnehmung auch des visuellen Signals führte.

Von einer weiteren physiologischen Veränderung berichtet MAGOUN (1963), der darauf hinweist, daß der Tonus der quergestreiften Muskulatur während der Orientierungsreaktion erhöht ist. MAGOUN interpretiert dies als Ausdruck einer latenten Bereitschaftsstellung und berichtet weiter von Vasokonstriktionen beim Fingerpuls, sowie Vasodilatationen in der Kopfhaut.

Die Überlegungen von SOKOLOV und Mitarbeitern münden in einer Vorstellung, die sich nach KLIX (1971) folgendermaßen skizzieren läßt (s. Abb. 5.1.): Die durch periphere Rezeptoren aufgenommene Information wird auf den bekannten Projektionsbahnen der optischen Rinde zugeleitet. Gleichzeitig erfolgt eine unspezifische Informationsübermittlung zur *Formatio Reticularis*, wo ein tonisierendes Erregungsniveau erzeugt wird. Die eintreffenden Erregungen werden im Occipitallappen mit Reizen ähnlicher Art verglichen. Sofern die einkommende Information als schon 'bekannt' identifiziert wird, kommt es zu keiner Orientierungsreaktion. Anderenfalls, so nimmt SOKOLOV an, erfolgt eine Aktivierung der *Formatio Reticularis* von den Analysatorkernen der Großhirnrinde aus. Diese Aktivierung trifft mit

der unspezifischen Erregung zusammen, die von den Kollateralen der Rezeptorbahnen herkommen, führen zu einer Orientierungsreaktion und es kommt zu den oben erwähnten physiologischen Veränderungen. (Sinngemäß nach KLIX, 1971)

Abb.: 5.1. SOKOLOV's Modellgedanke zur Erklärung der Orientierungsreaktion (nach KLIX 1971, S. 486)



I nervales Modell der vorliegenden Umgebungszustände

II Verstärkungs- oder Aktivierungssystem

1. Spezifische Informationsübertragung von den Rezeptorsystemen zum ZNS. 2. Unspezifische (collaterale) Erregungsbahnen zur Retikulärformation. 3. Rückmeldung, wenn Modell ausgearbeitet ist (sie blockiert den Wirkungsgrad unspezifischer Aktivierungen in der habituierten Phase).
4. Aktivierungsbahnen des kortikalen Erregungsniveaus. 5. Aktivierungsbahnen zu tiefliegenden Hirnregionen, wenn ein internes Modell nicht vorliegt (bzw. widersprüchliche Informationen vorliegen). 6. Reaktionsausgang nach Ausarbeitung eines internen Modells. 7. Beeinflussung vegetativer Funktionen durch Erregungszustände in der Formatio Reticularis.

Für uns ergeben sich aus diesen Betrachtungen folgende Arbeitshypothesen:

- (1) Wir erwarten bei geringer Komplexität des Reaktionsverhaltens, z.B. im einfachen RT-Versuch, keine, oder nur schwache Kovariationen mit Indices für Orientierungsreaktionen. Das heißt, die einkommende Information besitzt für den Organismus keinen hohen 'Neuigkeits- bzw.

Überraschungswert'. Es kommt zu einer Rückmeldung, daß die Information als schon 'bekannt' identifiziert worden ist und somit zu einer Blockierung der Verstärkung vegetativer Funktionen.

- (2) Mit steigender Komplexität erfolgt in zunehmenden Maße eine Kovariation zwischen dem Reaktionsverhalten und Indices für Orientierungsreaktionen. Die einkommende Information hat für den Organismus einen starken Überraschungswert (großen Informationsgehalt). Eine Aktivierung bzw. Bahnung zu tieferliegenden Hirnregionen mit anschließender Verstärkung der vegetativen Funktionen ist die Folge.

Bei geringer Komplexität sind es in erster Linie überdauernde Personenparameter, die mit dem Reaktionsverhalten kovariieren. Je stärker die Kovariation zwischen Reaktionsverhalten und Indices des Orientierungsverhaltens, desto schwächer werden gleichzeitig Zusammenhänge mit Personenparametern.

- (3) Die angenommenen Zusammenhänge können unter Berücksichtigung von Moderatoren, wie Alter, Geschlecht etc. der Personen noch prägnanter herausgearbeitet werden.

6. KONZEPTION DES UNTERSUCHUNGSDESIGNS

Die herausragende Fragestellung unserer Untersuchung ist der Aufweis von Zusammenhängen zwischen unterschiedlichen Reaktionsarten einerseits und Personendaten i.w.S. andererseits.

Die Erklärung für derartige Interdependenzen kann in den unterschiedlichsten Variablen liegen. Deshalb sollten sie in ihrer wechselseitigen Beziehung verstanden werden und nicht isoliert unabhängig voneinander. Diese Beziehungen zu analysieren und ihre Verknüpfungen mit unterschiedlichsten Reaktionsarten aufzuzeigen, ist unser zentrales Anliegen.

Die statistischen Analysen müßten also erklären:

- welche psychologischen bzw. physiologischen Variablen sind objektivierbar und wann treten sie auf;
- bestehen Kontingenzen zwischen den unterschiedlichen Variablen;
- wieweit werden Reaktionen durch Faktoren der sozialen Umwelt oder im betroffenen Menschen selbst mitbestimmt;
- welchen relativen Stellenwert haben dabei die einzelnen Variablen.

6.1 STATISTISCH MULTIVARIATER ANSATZ

Das Auswertungskonzept ist multivariat und in erster Linie korrelationsstatistisch ausgerichtet. Die Analysen sollen möglichst den Gesamtzusammenhang aller betrachteten Variablen reflektieren.

Dieses Vorgehen resultiert aus der Annahme, die Determination der Reaktionsarten sei ein vieldimensionales komplexes Interdependenzgefüge. Hinzu kommt die Problematik einer großen, theoretisch kaum strukturierten Variablenmenge.

In einem Laborexperiment, mit eindeutig operationalisierten Einflußgrößen, klar überschaubaren Stichprobenstatistiken, lassen sich Daten

in einer abhängigen Variable leicht in ein Auswertungsdesign übersetzen (beispielsweise eine mehrfaktorielle univariate Varianzanalyse). Bei dieser Analyse sind aber durchaus andere Bedingungen gegeben:

- Die Reaktionsdetermination zerfällt in verschiedene psychologische und physiologische Variablen.
- Die Reaktionen unterliegen nicht nur einer speziellen Variablen, sondern zahlreichen Einflußgrößen; eine Beschränkung auf einige wenige Variablen ist theoretisch kaum zu rechtfertigen.
- Die große Datenvielfalt bedarf einer Strukturierung und Reduzierung, weil zahlreiche Variablen eventuell das Gleiche messen.
- Bei Signifikanztests für Gruppenunterschiede in Einzelvariablen entstehen teststatistische Probleme durch deren allzu große Anzahl und implizite Abhängigkeit.

6.1.1 VERFAHREN DER MULTIPLEN REGRESSIONSANALYSE

Unser Design ist so angelegt, daß prinzipiell allen Probanden unterschiedliche Meßwerte bei jeder Variable zugeordnet werden können.

Wir wollen in der Folge zwei Variablensätze unterscheiden. Wir haben einerseits (A) Variablen, die nur die, von uns schon skizzierte, Komplexität des Reaktionsverhaltens reflektieren, andererseits (B) ergibt sich ein zweiter Variablensatz durch die von uns als Personenvariablen i.w.S. deklarierten Variablen. Diese Einteilung ist keinesfalls äquivalent der Bezeichnung 'unabhängige vs. abhängige Variable' in der klassischen Experimentalsituation. Die unter B aufgeführten Variablen können gleichermaßen als abhängige Variablen in die Analysen eingehen. Sie müssen als Personenparameter verstanden werden, die Varianzanteile bezüglich weiterer an der Person erhobener Variablen zu erklären imstande sind. Dies kann eine Fingerpulsreaktion bei einem experimentell gesetzten Reiz sein oder die Anzahl reproduzierter Wörter in einem Lernexperiment. Gleichermaßen ordnen wir aber auch Variablen wie das Alter oder Geschlecht der Person in die Kategorie 'B' ein. Wir könnten auch von Prädiktor-

und Kriteriumsvariablen sprechen, sofern wir dies explizit mit der Einschränkung tun, eine Interdependenzanalyse durchzuführen. Die Willkürlichkeit einer derartigen Einteilung wird deutlich, betrachtet man die Varianz der Kriteriumsvariable, die in zwei Varianzanteile zerfällt, nämlich in die aus dem Prädiktor nicht ableitbare Varianz und die aus dem Prädiktor erklärbare Varianz. Der Anteil der Vorhersagbaren Varianz und das Quadrat der Korrelation erweisen sich als identisch. Die Korrelation selbst ist aber unabhängig von der Tatsache, ob man die Variable X_1 als Kriterium und X_2 als Prädiktor oder ob man umgekehrt X_2 als Kriterium und X_1 als Prädiktor betrachtet.

Für uns werden die aus den Reaktionszeit-Experimenten anfallenden Indices den einen Variablensatz darstellen, den es mit Hilfe weiterer der Person zuzuordnender Parameter vorherzusagen gilt.

Dies macht die Einteilung in Gruppen und die Prüfung von Unterschieden zwischen ihnen überflüssig und korrelative Analysen möglich. Da außerdem die Beziehung zwischen einzelnen Variablen der beiden Variablensätze erfahrungsgemäß sehr schwach ausfällt und die einzelnen Personenvariablen sich gegenseitig beeinflussen, ist eine multivariate Analyse angezeigt.

Eine solche Analyse ist sowohl in der Lage, die Vielfalt der erhobenen Variablen als auch ihre relative Bedeutung adäquat einzuschätzen. Letztlich kann man auf diese Weise eine Gleichung aufstellen, in der auf der einen Seite ein einzelnes oder mehrere Kriterien stehen und auf der anderen Seite eine Linearkombination der optimal gewichteten Prädiktoren. Auf diese Weise ist es möglich, eine Kovariation zwischen den beiden Variablensätzen aufzuzeigen.

Allerdings kann nicht erwartet werden, daß diese Vorhersage perfekt gelingt, vielmehr wird man sich mit relativ geringen zuverlässig erklärten Varianzanteilen begnügen müssen. Allerdings wird der multivariat erklärte Varianzanteil der Kriteriumsvariablen höher sein als die nur bivariat erklärte Varianz zwischen den Variablen.

Das hier favorisierte Verfahren ist die Technik der multiplen Korrela-

tionsanalyse, deren Zuverlässigkeit jedoch entscheidend durch das Verhältnis zwischen Anzahl der untersuchten Versuchspersonen und der Anzahl der verwendeten Variablen beeinflusst wird.

Es ist zum Beispiel nicht schwierig, durch die multiple Korrelations-technik mit unseren 357 Versuchspersonen und dem umfangreichen Satz von Variablen (B) zu einer multiplen Korrelation von .90 zu kommen, jedoch wird dieser Koeffizient keineswegs statistisch selten sein, da der multiple Korrelationskoeffizient überschätzt wird, sofern das Verhältnis von Personen und Prädiktoren 10:1 unterschreitet. Man muß also bei einer festen Anzahl von Versuchspersonen aus dem Gesamtsatz der möglichen Variablen (B) einige auswählen, die in die Gleichung eingehen sollen. Kriterien für die Auswahl sind einerseits die Relevanz der Variable in Beziehung zum Variablensatz A, andererseits aber auch die Unabhängigkeit von anderen Variablen und ihre Zuverlässigkeit.

Die Reduktion der Variablensätze soll auf faktorenanalytischem Wege geschehen. Es sollen Sekundärvariablen gewonnen werden, welche die Rohwerte in adäquat gewichteter Form enthalten.

6.1.2 INTERDEPENDENZ-ANALYSE

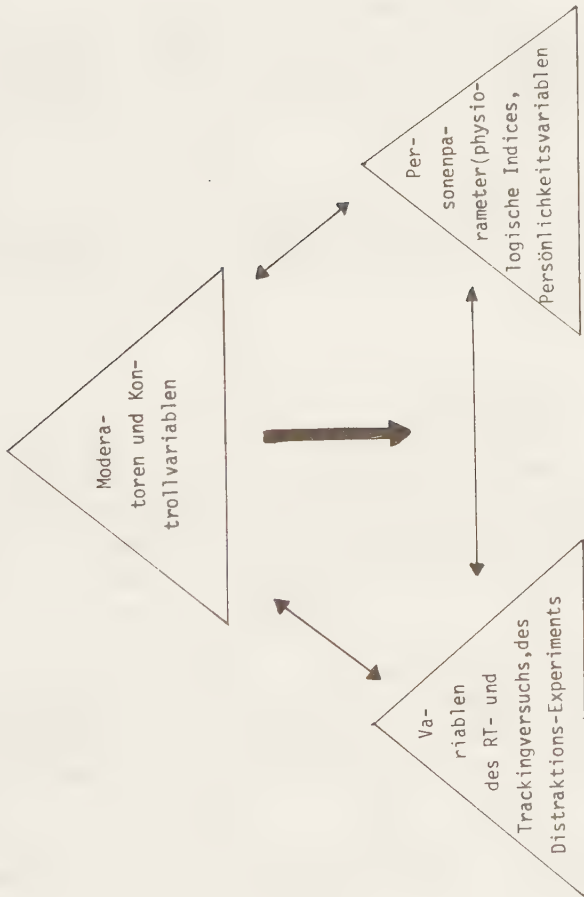
Wenn im folgenden einige Vorstellungen zur Interdependenz von Variablen zum Reaktionsverhalten, Personen- und Moderatorvariablen angedeutet werden, so ist damit noch nicht der Anspruch einer wissenschaftlichen Theorie oder eines formalisierten Modells verbunden.

Tatsächlich scheint eine allgemeine, übergeordnete Theorie noch nicht verfügbar, zumindest nicht hinsichtlich einer derart umfangreich angelegten Untersuchung.

Den komplexen Sachverhalt soll die folgende Skizze (Abb. 6.1) verdeutlichen: die Interdependenz zwischen Variablen zum Reaktionsverhalten und Personenvariablen beeinflussen intervenierende Variablen bzw. Moderatoren, sowie die von uns als Kontrollvariablen deklarierten Komponenten.

Diese durchaus noch vorläufige Vorstellung bestimmt auch in gewissem Grad, wie schon gezeigt, das Auswertungskonzept, besonders die Ausrichtung auf multivariate Methoden bzw. Verfahren des multiplen Zusammenhanges.

Abb. 6.1



Das Schema zeigt zugleich einige Schwierigkeiten für die Untersuchung auf:

- Denkbar sind zahlreiche Rückkoppelungen, von denen einige angedeutet sind: Besonderheiten des Raumes oder der Tageszeit etc. mögen verändernd auf Verhaltensindizes beider Variablenätze wirken; habitualisierte Reaktionen können zu Persönlichkeitseigenschaften werden, die ihrerseits die Verarbeitung von Information beeinflussen; Einstellungen entscheiden vielleicht schon über die Wahrnehmung bestimmter Sachverhalte.
- Der hinreichend validen Quantifizierung der Variablen zum Reaktionsverhalten steht entgegen, daß manche - vielleicht entscheidende - Auswirkungen von den Probanden offensichtlich nicht reproduzierbar oder von den Untersuchern nicht erfragbar bzw. meßbar, ja möglicherweise beiden unbekannt sind.

Diese Schwierigkeiten für die Untersuchung - die als Querschnittsuntersuchung nur einen (statischen) Ausschnitt aus einem (dynamischen) Prozess erfassen kann - müssen auch bei der Interpretation der Ergebnisse beachtet werden.

6.2 DAS MODERATORKONZEPT

Prinzipiell kann jeder Variablen, die mit einer Wirkungsvariablen korreliert, ein die Verarbeitung der Information 'moderierender' Effekt unterstellt werden. Dabei tritt aber das Problem auf, Reaktionsvariablen und 'Moderatoren' (womit zunächst nur gemeint sind, die Reaktionsvariabilität modifizierende Größen) gegeneinander abzugrenzen.

Gibt es die Möglichkeit, eine Variable als Moderator zu deklarieren? Ein erstes Kriterium sollte sein, daß eine Variable, die mit dem Prädiktor relevant korreliert, nicht als Moderator interpretiert werden sollte (was aber nicht heißt, daß damit automatisch jede nullkorrelierende Variable ein Moderator ist).

Faßt man außerdem nur solche Variablen als (potentielle) Moderatoren

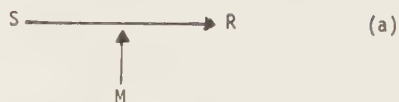
auf, für die eine theoretische Überlegung einen intervenierenden Effekt denkbar erscheinen läßt, so ergibt sich in Verbindung mit den statistischen Kriterien (eine mit der Kriteriumsseite korrelierende und nicht mit dem Prädiktor zusammenhängende Variable kann Moderator sein) eine erste Abgrenzung. Allerdings zeigt sich immer wieder, daß das prinzipielle Problem weder statistisch noch inhaltlich eindeutig zu lösen ist. Es offenbart sich hier - wie schon bei der Auswahl der Variablen -, daß das Verständnis der Variablen und ihre Interdependenzen ohne eine einigermaßen schlüssige Theorie, nur aufgrund von Plausibilitätsannahmen und ad-hoc-Interpretationen, unbefriedigend bleiben muß.

Innerhalb einer Stimulus-Reaktions-Beziehung schlägt ROHPMAN (1972) vor, drei unterschiedliche Vorstellungen einer Moderator-Wirkung zu unterscheiden: die 'Regler'(a)-, 'Vermittler'(b)- und 'Komponenten'(c)-Funktion des Moderators (s. Abb. 6.2.)

- (a) Die Regler-Funktion sieht so aus, daß es von der Ausprägung des Moderators abhängt, in welchem Maße, die vom Stimulus hervorgerufene Reaktion ausfällt, mit anderen Worten, wie hoch S mit R korreliert ist; dabei ist für S-M und M-R nicht unbedingt ein Zusammenhang zu erwarten.
- (b) Die Vermittler-Funktion sieht so aus, daß eine Reaktion als Folge einer Wirkung zustande kommt, die der Stimulus auf den Moderator ausübt, d.h. S sollte mit M und M mit R korreliert sein, aber nicht zwingend S mit R (zumindest aber ohne M niedriger als mit M).
- (c) Die Komponenten-Funktion letztlich sieht vor, daß das Ausmaß der Reaktion sowohl vom Grad des Stimulus als auch des Moderators abhängig ist. Es bestehen also Korrelationen zwischen S und R sowie M und R.

Um letzten Endes eine Klärung zu versuchen, sollte man nicht nur die Korrelationen S-M, S-R und M-R betrachten, sondern auch ihre Beziehung in Sub-Samples, entsprechend der jeweiligen Moderator-Variablen, und ihre Partialkorrelationen heranziehen.

Abb. 6.2.:



6.3 VARIABLEN- UND PERSONENSTICHPROBE

Die hier referierten Variablen stellen einen kleinen Ausschnitt eines DFG-Projektes dar, dessen Untersuchungsgegenstand die Auswirkung von Fluglärm auf den menschlichen Organismus i.w.S. ist.

Die Untersuchung wurde im Frühjahr 1969 in München gemeinsam von Arbeitsphysiologen, Medizinern, Sozialwissenschaftlern, Psychologen und Akustikern durchgeführt.

Aus 32 unterschiedlich 'belärmten' Teilen Münchens wurde eine Stichprobe von 1000 Probanden mit Hilfe der Einwohnermeldekartei gezogen. Ca. 400 Probanden erklärten sich bereit, an der Gesamtuntersuchung teilzunehmen, von denen 357 in die letzten Analysen eingingen.

Das Alter der Stichprobe variierte zwischen 16 und 59 Jahren mit einem arithmetischen Mittel von $\bar{X} = 37.6$ und einer Streuung $s = 10.7$.

Die Stichprobe bestand aus 188 weiblichen und 169 männlichen Probanden.

7. DATENERFASSUNG

Nach der ersten Sichtung lassen sich zwei große Gruppen von Daten darstellen: (a) Experimentalpsychologische und physiologische Daten und (b) Kontrollvariablen, Persönlichkeitsvariablen i.e.S., Variablen zur subjektiven Befindlichkeit, zum Behalten und Wiedererkennen sowie zur Geräuschkalierung.

7.1. EXPERIMENTALPSYCHOLOGISCHE ERHEBUNGEN

Analog zu den von uns zu Beginn geschilderten Überlegungen und Hypothesen nehmen die Experimente den breitesten Raum der Gesamtuntersuchung ein. Drei qualitativ unterschiedliche Reaktionsexperimente sollten durchgeführt werden, die sich hinsichtlich ihrer Komplexität und Konzeption im weitesten Sinne nach den DONDERSchen Ausführungen richteten. Wir führten durch:

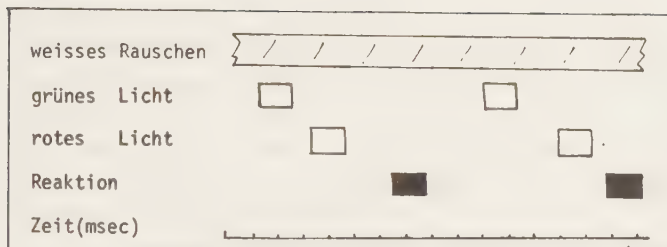
- (a) ein Reaktionszeit-Experiment,
- (b) eine Tracking-Aufgabe,
- (c) ein Distraktions-Experiment.

7.1.1 DAS REAKTIONSZEIT-EXPERIMENT

Beim Reaktionszeit-Experiment kam es darauf an, daß die Versuchsperson beim Aufleuchten einer roten Lampe auf eine Morsetaste drückte, und zwar so schnell wie möglich. Das Aufleuchten der roten Lampe wurde durch eine vorher aufleuchtende grüne Lampe angekündigt, allerdings war das Intervall zwischen roter und grüner Lampe nicht konstant.

Vorweg lief ein Übungsprogramm von 10 Durchgängen mit jeweils einer Vorwarnung (grüne Lampe), die zwischen 1 und 7 sec vor dem Hauptsignal (rote Lampe) aufleuchtete (ein Ausschnitt aus dem Reaktionszeit-Experiment ist in Abb. 7.1. schematisch dargestellt).

Abb. 7.1



Nach Absolvierung des Übungsprogramms begann der eigentliche Versuch. Während des ersten Versuchsteils wurde von einem Rauschgenerator über 2 Eichleitungen und einen NF-Verstärker 50 dB weißes Rauschen über einen Kopfhörer dargeboten. Insgesamt wurden 50 Reaktionszeit-Durchgänge mit jeweils einem Vorwarn-Intervall durchgeführt. Die Reaktionen der Versuchspersonen und die Hauptsignale wurden mit Hilfe hochfrequenter Töne als Marken auf einem Tonband festgehalten. Im zweiten Versuchsteil lief das gleiche Stimulus-Programm der Reaktionszeiten ab, an den Eichleitungen wurde jedoch ein Schallpegel von 85 dB eingestellt.

7.1.2. DER TRACKING - VERSUCH

Die technische Einrichtung für den Tracking-Versuch bestand aus: einem Ruhesessel, der in die Horizontale gekippt werden konnte, daneben ein großes Voltmeter und ein Drehpotentiometer auf getrennten Ständern, und - für die Versuchsperson durch einen Wandschirm nicht sichtbar - ein 8-Kanal-Analog-Bandgerät zur Aufzeichnung des Stimulus-Programms und der motorischen sowie physiologischen Reaktionen, ein Tonbandgerät mit dem Tracking-Stimulus-Programm und einer Synchronisationsspur, 2 Meßbrücken zum Abgleichen der Dehnungsmeßstreifensignale, ein Elektromyointegrator, der als Vorverstärker benutzt wurde, ein Oszillograph zur Überwachung der besonders artefaktanfälligen

physiologischen Reaktionskanäle, ein Mehrkanal-Schreiber zur Hinterband-Kontrolle der physiologischen Kanäle, ein Rauschgenerator und ein Mikrofonverstärker mit angeschlossenem künstlichen Ohr.

Die Aufgabe der Versuchsperson bestand darin, den Zeiger des Voltmeters mit Hilfe des Drehpotentiometers auf einer bestimmten Marke zu halten. Dieser optische Stimulus, die Stellung des Zeigers im Voltmeter, war als analoges Signal so programmiert worden, daß etwa alle 10 sec eine Änderung der Zeigerstellung stattfand, jedoch wurde das analoge Signal vom Tonband durch den Differenz-Verstärker so verschleift, daß der Eindruck einer kontinuierlichen Bewegung entstand. Die Versuchsperson hatte auf die Stellung des Zeigers gleichzeitig mit dem Stimulus-Programm über ihr Drehpotentiometer Einfluß, und zwar ohne Verzögerung oder Verschleifung.

Der Versuchsperson wurden weiterhin zwei Elektroden zur Messung der elektrischen Muskelaktivität an der Arbeitshand (am musculus extensor digitorum communis) angelegt sowie ein Fingerpuls- und Kopfpuls-Aufnehmer und die Kopfhörer.

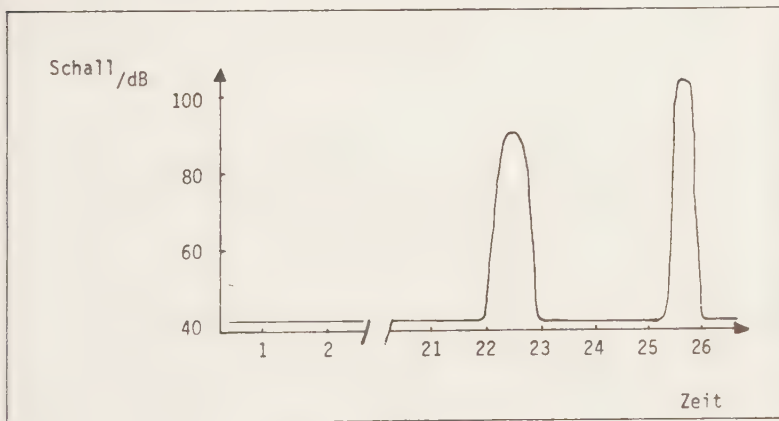
Da die elektrische Muskelaktivität an demjenigen Arm abgenommen wurde, der auch das Potentiometer betätigte, war sie stark von motorischen Drehaktivitäten durchsetzt und von so hoher Dynamik, daß ein zusätzlicher Hilfskanal für die Registrierung notwendig war. Die Fingerpulsamplitude wurde mit Hilfe eines Dehnungsstreifen-Detektors von der Fingerbeere derjenigen Hand abgenommen, die beim Tracking unbeteiligt war; die Kopfpulsamplitude ebenfalls mit einem Dehnungsstreifen-Detektor an der Arteria temporalis superficialis. Insgesamt wurden für jede Versuchsperson gleichzeitig 8 Signale auf dem Analog-FM-Bandgerät registriert:

- (1) Der akustische Stimulus (Ruhe, 85 dB, 100 dB),
- (2) der optische Tracking-Stimulus (das vorgegebene Zeiger-Programm),
- (3) ein Synchronisierungssignal (zur Geschwindigkeitskontrolle),
- (4) der Tracking-Fehler (die elektrische Abweichung von der Soll-Linie),
- (5) die Fingerpulsamplitude (nach Brückengleichrichtung),
- (6) die Kopfpulsamplitude (nach Brückengleichrichtung),
- (7) die elektrische Muskelaktivität mit großer Verstärkung,

(8) die elektrische Muskelaktivität mit geringer Verstärkung.

Um eine möglichst artefaktfreie Aufzeichnung der physiologischen Indices zu bekommen, wurde die Versuchsperson erst durch das optische Stimulus-Programm 23 min lang beschäftigt, ohne irgendeinen Zusatzreiz (akustisch) darzubieten. Innerhalb dieser Zeitspanne waren die physiologischen Funktionen 'Fingerpuls' und 'Kopfpuls' fast immer zur Ruhe-Ausgangslage gekommen, und auch die Elektrische Muskelaktivität wurde fast ausschließlich durch die motorischen Bewegungen beherrscht. Nach Ablauf der 23 Ruhe-Minuten - bei ständiger Registrierung - wurde innerhalb von 2 sec der Pegel des Rauschgenerators auf 85 dB (kontrolliert durch ein künstliches Ohr) - und nach 28 sec wieder auf Ruhe - gebracht. Nach dieser 85 dB-Phase wurde 2.5 min auf das Abklingen der physiologischen Reizantworten gewartet (jedoch weiter registriert) und anschließend für 30 sec 100 dB dargeboten (schematische Darstellung s. Abb. 7.2).

Abb.: 7.2



7.1.3 DAS DISTRAKTIONS-EXPERIMENT

Die Konzeption für das Distraktionsexperiment wurde im starken Maße durch Überlegungen zur BROADBENTschen Filtertheorie geprägt. BROADBENT (1958) nimmt an, daß jeweils nur ein einziger Kanal zum Verarbeitungszentrum voll 'durchgeschaltet' ist - die anderen Kanäle sind zum Teil

gedämpft, zum Teil völlig blockiert; zum Teil wird die einkommende Information auf den nicht-durchgeschalteten Kanälen erst zwischengespeichert und später verarbeitet. Bestimmte Eigenschaften der einkommenden Information können den Verarbeitungsfilter, der die Selektion des zu bearbeitenden Kanals vornimmt, umspringen lassen auf diese Informationsquelle; diese besonderen Eigenschaften können plötzlicher Lautstärkewechsel, Neuheit oder gelernte Signalinformation sein, um nur einige zu nennen.

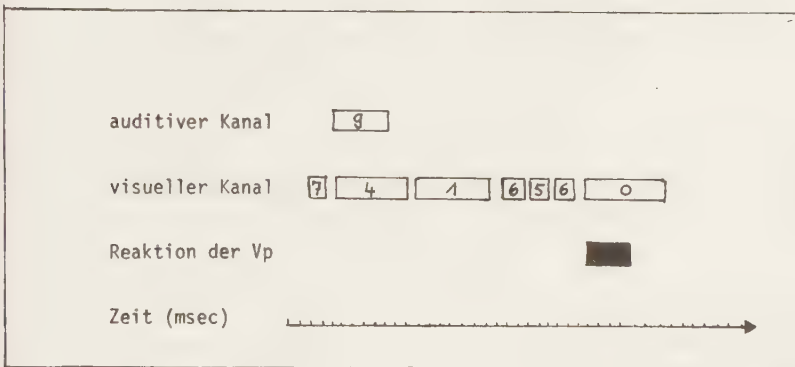
Von diesen theoretischen Überlegungen ausgehend, entwickelten wir eine Anordnung, die mit Hilfe unterschiedlicher und mitunter gleichzeitiger Informationen über den optischen und akustischen Sinneskanal die Umschaltfähigkeit des Verarbeitungsfilters und seine Verweildauer auf einem der Kanäle über das von außen beobachtbare Verhalten zu messen gestattete. Um sicher zu gehen, daß der Verarbeitungsfilter zu bestimmten Zeitpunkten tatsächlich auf einen Kanal 'durchgeschaltet' ist, verwendeten wir die Technik der 'Aufmerksamkeits-Synchronisierung'; in Vorversuchen wurde ermittelt, nach welcher Expositionszeit eines einfachen optischen Signals (einer Ziffer) dieses erkannt und ein neues erwartet wird. Es zeigte sich, daß die größte Präzision der Beibehaltung eines vorgegebenen Intervalls bei 700 msec lag.

Das Distraktionsprogramm wurde über einen Leuchtfeldanzeiger und über Kopfhörer dargeboten. Der Leuchtfeldanzeiger bot ständig einstellige Ziffern von NULL bis NEUN dar; die Versuchsperson sollte jedesmal, wenn die Ziffer '5' erschien, eine Morsetaste drücken. Die Zahlen erschienen in einer nicht vorhersagbaren Reihenfolge, aber in einem bekannten Grundrhythmus von 700 msec; d.h. die Versuchsperson mußte damit rechnen, daß alle 700 msec eine neue Zahl erschien, die dann für den Rest der Zeit weiterleuchtete. Gelegentlich waren aber auch Zahlen kurzzeitig (für 100 msec) in den Grundrhythmus eingeschaltet, und auch auf diese mußte die Versuchsperson reagieren, sofern es sich um eine '5' handelte. (Ein schematischer Ausschnitt aus dem Distraktionsprogramm s. Abb. 7.3.).

Zusätzlich wurden gelegentlich gesprochene einstellige Ziffern über Kopfhörer dargeboten; diese sollten jedoch laut Instruktion nicht beach-

tet werden, sie dienten der gezielten Ablenkung. Insgesamt wurden 100 Reaktionen von der Versuchsperson gefordert, 50 mit und 50 ohne akustische Zusatzinformation.

Abb.: 7.3



7.1.4 ERSTE VARIABLENLISTE ZUM REAKTIONSZEIT- UND DISTRAKTIONS-VERSUCH

Für den Reaktionszeitversuch, der einmal in Ruhe (50 dB) und dann mit akustischer Zusatzreizung (85 dB) noch einmal durchgeführt wurde, unterschieden wir hinsichtlich des Stimulusprogramms zwischen 2 verschiedenen langen Vorwarnzeiten (1-3 sec zwischen Vor- und Hauptsignal einerseits, 4 - 7 sec andererseits) und zwischen den beiden akustischen Zuständen (mit und ohne Rauschen). Hinsichtlich der Reaktionen zwischen solchen, die über und unter der mittleren Reaktionszeit einer Person (± 1 sigma) lagen, um die Hypothese der spontanen Aktivierungsschwankungen und Blockierungen überprüfen zu können. Es ergaben sich somit folgende Variablen (s.Tab.: 7.1) .

Reaktionszeit bei kurzen Vorwarnzeiten	50 dB
Reaktionszeit bei langen Vorwarnzeiten	50 dB
Reaktionszeit bei kurzen Vorwarnzeiten	85 dB
Reaktionszeit bei langen Vorwarnzeiten	85 dB
Anzahl der falschen Reaktionen	50 dB
Anzahl der falschen Reaktionen	85 dB
mittlere Reaktionszeit	50 dB
mittlere Reaktionszeit	85 dB
Anzahl der Reaktionen 1 s über Mittelwert	50 dB
Anzahl der Reaktionen 1 s unter Mittelwert	50 dB
Anzahl der Reaktionen 1 s über Mittelwert	85 dB
Anzahl der Reaktionen 1 s unter Mittelwert	85 dB

Tab.: 7.1.

Bei den Reaktionen zum Distraktionsversuch unterschieden wir allgemein zwischen den Reaktionen auf lange (700 msec) und kurze (100 msec) optische Signale mit und ohne akustische Zusatzinformation; bei den kurzen Signalen unterschieden wir weiterhin hinsichtlich der Position des kritischen Signals innerhalb des 700-msec-Taktes, bei den akustischen Zusatzinformationen hinsichtlich des Zeitpunktes des Einsetzens derselben (vor, mitten in, nach Beginn der optischen Information). Für jede Person wurde jeweils die Taktposition mit der mittleren längsten und mittleren kürzesten Reaktionszeit ermittelt, weiterhin die Variabilität der Reaktionszeiten über 7 Positionen hinweg, die Fläche unter der Kurve der mittleren Reaktionszeit bei den 7 Positionen etc. Insgesamt wurden für das Distraktionsexperiment 67 Variablen erzeugt, die teilweise voneinander abhängig sind und von denen hier nur die wichtigsten dargestellt werden sollen. (Die verwendeten Abkürzungen bedeuten A = akustische Zusatzinformation, O = optische Hauptinformation s. Tab. 7.2.)

Reaktionszeit auf lange Signale ohne A
Reaktionszeit auf kurze Signale ohne A (Pos. 1-7)
Reaktionszeit auf lange Signale mit A
Reaktionszeit auf kurze Signale mit A (Pos. 1-7)
Reaktionszeit auf kurze Signale mit A vor 0
Reaktionszeit auf kurze Signale mit A mitten in 0
Reaktionszeit auf kurze Signale mit A nach 0
Anzahl der falschen Reaktionen ohne A
Anzahl der falschen Reaktionen m.relevanter A ('5')
Anzahl der falschen Reaktionen m.irrelevanter A
Anzahl der verpaßten kurzen Signale ohne A
Anzahl der verpaßten kurzen Signale mit A vor 0
Anzahl der verpaßten kurzen Signale mit A in 0
Anzahl der verpaßten kurzen Signale mit A nach 0
Anzahl der Treffer bei kurzen Signalen o.A. (1-7)
Anzahl der Treffer bei kurzen Signalen m.A. (1-7)
Stimulus-Sampling-Zeit o.A. (Anzahl der nebeneinanderliegenden Takte, deren Reaktionszeit unter Mittelwert liegt)
Stimulus-Sampling-Zeit mit A.

Tab.: 7.2.

7.1.5 ERSTE VARIABLEN-LISTE DES TRACKING-VERSUCHS

Die digitalisierten Analogmeßwerte des Dauerleistungsversuchs wurden kanalweise verarbeitet, hinsichtlich der Bewegungsartefakte kontrolliert und zunächst mit unterschiedlichen Integrationszeiten für Ruhe- und Lärmphasen reduziert. Es zeigte sich, daß für unsere Fragestellungen eine Integrationszeit von 30 sec für die Anfangsruhephase, von 1.5 sec für die beiden Lärmphasen und von 10 sec für die Zeit zwischen 85 dB und 100 dB und nach 100 dB fein genug war, um zwischen unterschiedlichen Amplitudenverläufen differenzieren zu können.

Mit Hilfe dieser Daten sollte nun versucht werden, Amplituden- und Verlaufswerte zu erzeugen, die möglichst präzise die Verlaufsform, Steilheit und Geschwindigkeit der Reizbeantwortung und Erholung beschreiben können, und die weiterhin für alle 4 Reaktionskanäle in gleicher Weise definiert sind. Es ergaben sich pro Kanal folgende 37 Variablen, die sämtlich die Datenqualität von Intervallskalen haben: (s.Tab.7.3.)

Gesamtvariabilität der Amplitude
 Mittelwert der Amplitude in Ruhe 1 (vor 85 dB)
 Mittelwert der Amplitude bei 85 dB
 Mittelwert der Amplitude in Ruhe 2 (nach 85 dB)
 Mittelwert der Amplitude bei 100 dB
 Mittelwert der Amplitude in Ruhe 3 (nach 100 dB)
 Variabilität der Amplitude in Ruhe 1
 Variabilität der Amplitude bei 85 dB
 Variabilität der Amplitude in Ruhe 2
 Variabilität der Amplitude bei 100 dB
 Trend der Amplitude in Ruhe 1 (Art und Steilheit des
 Amplitudenverlaufs in den 23 Ruheminuten)
 Trend der Amplitude bei 85 dB
 Trend der Amplitude in Ruhe 2
 Trend der Amplitude bei 100 dB
 Reaktionssteilheit bei 85 dB (Trendmaß der 3 Werte bis
 4.5 sec nach Einsetzen des Rauschens)
 Reaktionssteilheit bei 100 dB
 Initialreaktion bei 85 dB (Differenz zwischen dem letzten
 Ruhewert und dem Amplituden-Mittel der ersten 1.5
 sec nach Rauschen)
 Initialreaktion bei 100 dB
 Unmittelbare Reaktion bei 85 dB (Differenz zwischen dem
 Amplitudenmittel bei 85 dB und dem stabilsten Ruhewert)
 Unmittelbare Reaktion bei 100 dB
 Reaktionstiefe bei 85 dB (Flächenintegral über die Diffe-
 renzwerte zwischen dem letzten Ruhewert und dem da-
 rauffolgenden Rauschwerten)
 Reaktionstiefe in Ruhe 2
 Reaktionstiefe bei 100 dB
 Reaktionsbetrag bei 85 dB (Differenz des Amplitudenmit-
 tels bei 85 dB und des Gesamt-Ruhemittels)
 Reaktionsbetrag bei 100 dB
 Zeitpunkt der Minimalreaktion bei 85 dB (Zeitpunkt der
 kleinsten Abweichung zum Ruhe-Ausgangswert)
 Zeitpunkt der Minimalreaktion in Ruhe 2
 Zeitpunkt der Minimalreaktion bei 100 dB
 Amplitude der Minimalreaktion bei 85 dB
 Amplitude der Minimalreaktion in Ruhe 2
 Amplitude der Minimalreaktion bei 100 dB
 Zeitpunkt der Maximalreaktion bei 85 dB (Zeitpunkt der
 größten Abweichung vom Ruhe-Ausgangswert)
 Zeitpunkt der Maximalreaktion bei 100 dB
 Amplitude der Maximalreaktion bei 85 dB
 Amplitude der Maximalreaktion bei 100 dB
 Erholungsquotient 1 (Verhältnis zwischen Erholungsbetrag
 und Reaktionsbetrag)
 Erholungsquotient 2

Tab.: 7.3.

Weiterhin wurden reduzierte Meßwerte für die Pulsfrequenz erstellt (s. Tab. 7.4.).

Pulsfrequenz Ruhe 1
Pulsfrequenz 85 dB erste Hälfte
Pulsfrequenz 85 dB zweite Hälfte
Pulsfrequenz Ruhe 2
Pulsfrequenz 100 dB erste Hälfte
Pulsfrequenz 100 dB zweite Hälfte
Pulsfrequenz nach 100 dB

Tab.: 7.4.

7.2 KONTROLLVARIABLEN

In der psychologischen und physiologischen Literatur wird immer wieder auf unerwünschte Einflüsse von Variablen hingewiesen, die einerseits durch den Versuchsleiter, durch den Versuchsablauf, andererseits durch klimatische oder räumliche Bedingungen zustande kommen, schließlich auch durch bestimmte Stimmungs- und Leistungsschwankungen der beobachteten Personen. Solche Effekte hat man in der klassischen Experimentalpsychologie durch streng manipulative Untersuchungsdesigns kontrollieren wollen, die vor allem durch 'Standardsituationen', welche für alle Personen gleich sein sollen, und durch 'Ausbalancierung' unvermeidbarer Effekte (Untersuchungsabfolge, Tageszeit etc.) gekennzeichnet sind. Wir sind bei der Planung einen Mittelweg zwischen einem streng manipulativen Untersuchungsdesign und einer relativ freien Anordnung gegangen, indem wir die eigentliche experimentelle Situation möglichst standardisiert haben, im übrigen jedoch alle gegenüber dem Untersuchungskonzept externen Variablen nur beobachtet und als Größen aufgefaßt haben, die zu jeder Person gehören und ebenfalls einen Einfluß auf ihre Verhaltensweisen ausüben. So wurden zum Beispiel die Abfolge der Untersuchungsschritte randomisiert und für jede Person als Variable mitgeführt. Die klimatischen Bedingungen der Untersuchung, wie Raumtemperatur, Raumfeuchte, Außentemperatur, Außenluftdruck, Außenfeuchte und Föhn wurden für die Tageszeit der Untersuchung erhoben, weiterhin die Tageszeit selbst; der Abstand der Untersuchung vom Aufstehen der Person, die Anzahl der geschlafenen Stunden etc. wurden erfragt, um später die Aus-

wirkungen dieser Variablen errechnen und durch Transformation der beeinflussten Variablen wieder beseitigen zu können.

Die erste Variablenliste für die Kontrollgrößen hatte folgendes Aussehen (s. Tab. 7.5.).

Mittlere Raumtemperatur
Mittlere Raumfeuchte
Mittlere Uhrzeit der Untersuchung
Farbsehtüchtigkeit
Uhrzeit des Zubettgehens vor der Untersuchung
Anzahl der geschlafenen Stunden vor Untersuchung
Anzahl der wachen Stunden vor der Untersuchung
Störung der Nachtruhe
Schlafmittel genommen
Am Abend vor der Untersuchung Alkohol getrunken
Am Tage der Untersuchung Medikamente genommen
Selbsteinschätzung der Föhneempfindlichkeit

Tab.: 7.5.

7.3 PERSÖNLICHKEITSVARIABLEN

Bei jeder Versuchsperson wurden drei Persönlichkeitstests durchgeführt:

(a) Der STROOP-Test zur Bestimmung der Interferenz; hierbei kommt es darauf an, Farbwörter (grün,rot,blau,gelb), die in einer von ihrer Bedeutung abweichenden Farbe gedruckt sind, der Reihe nach durchzugehen und die Farbe anzugeben, in der sie gedruckt sind. Zur Kontrolle der reinen Leseschwindigkeit wurde der Test vorher in einer Schwarz-Weiß-Ausführung gegeben. Es ergab sich die nachstehende Variablenliste (s. Tab. 7.6.).

Lesezeit für 100 schwarz-weiße Farbnamen
Lesezeit in einem der 5 Teile zu je 20 Farbnamen (5 x)
STROOP-Farbnennungszeit für 100 Farben
STROOP-Farbnennungszeit in einem der 5 Teile (5 x)
Gesamtzahl der Fehler im STROOP
Anzahl der Fehler in einem Teil (5 x)
Trend der Schwarz-Weiß-Lesezeit über die 5 Teile
Trend der Farbnennungszeit über die 5 Teile
Trend der Fehlerzahl über die 5 Teile

Tab.: 7.6.

(b) Allen Versuchspersonen wurde der Fragebogen zur 'Erfassung der Emotionalen Labilität' (SCHÖMER & SCHÖMER-KOHR 1967) gegeben. Bei allen 15 Fragen mußte durch Ankreuzen angegeben werden, ob man einer Aussage zustimmt oder nicht (s. Tab. 7.7.).

Ich bin leicht reizbar
Ich habe oft schlechte, unzufriedene Laune
Ich rege mich sehr leicht auf
Man kann mich leicht verstimmen
Ich fühle mich häufig niedergeschlagen
Meine Stimmung wechselt oft mit oder ohne ersichtlichen Grund
Ich bin oft unzufrieden
Oft fühle ich mich einfach miserabel
Ich bin manchmal ohne Grund abwechselnd fröhlich und traurig
Ich leide oft an einer innerlichen Unruhe
Ich glaube von mir selbst, daß ich besonders nervös und innerlich gespannt bin
Schon die Möglichkeit, daß ich Pech haben könnte, regt mich auf
Ich bekomme sehr leicht Angst
Ich muß gestehen, ich habe etwas Angst, wenn ich an einen fremden Ort gehe
Ich fühle, daß ich manchmal vor Energie überschäume und das andere Mal träge und lahm bin

Tab.: 7.7.

7.4 FRAGEBÜGEN ZUR SUBJEKTIVEN BEFINDLICHKEIT

Hierbei handelt es sich um einen 5-Punkte-Fragebogen zur Selbsteinschätzung der Stimmung, Konzentrationsfähigkeit, Erregung, Frische und Lei-

+ Anzumerken ist, daß die hier verwendeten und auch alle folgenden Trendmaße als lineare Trends durch die Gewichtung mit orthogonalen Polynomialen entstanden sind (HAYS 1963). Bei 5 Variablen, die in gleichen Zeitabständen erhoben wurden, kann das Trendmaß T wie folgt bestimmt werden:

$$T = -2(x_1) + -1(x_2) + 0(x_3) + 1(x_4) + 2(x_5)$$

Diese Gewichtung bewirkt, daß zum Beispiel bei völlig gleichbleibender Fehlerzahl im Verlaufe der Zeit der Trend gleich NULL wird, bei Fehleranstieg wird er positiv, bei Fehlerabfall negativ.

stungsfähigkeit, die jeweils vor und nach der Untersuchung angewandt wurden. Es ergeben sich insgesamt 10 Variablen, deren Datenqualität jedoch auf Grund der zum Teil sehr geringen Streuung und übergroßen Häufigkeit in nur einer Klasse mit Vorsicht zu behandeln sind.

7.5 WIEDERERKENNEN UND BEHALTENSLEISTUNG

Der Versuchsablauf sah folgendermaßen aus: es wurden 20 einsilbig - durch Breitbandrauschen maskierte - Wörter dargeboten (der Signal-Rausch-Abstand zu den dargebotenen Wörtern betrug 10 dB), die im Anschluß aus einer Reihe von insgesamt 100 Wörtern wiedererkannt werden sollten. In einem zweiten darauffolgenden Teil des Versuches wurden ebenfalls 20, zur Abhebung von den Wörtern des Ersten Teils jedoch zweisilbige Wörter unter akustisch optimalen Bedingungen dargeboten, die auch wieder nach dem im Teil I praktizierten Modus wiedererkannt werden mußten.

Letztlich wurden die jeweiligen Anzahlen der richtig und falsch gehaltenen Wörter notiert, es ergaben sich Summen- und Differenzscores (s. Tab. 7.8.).

Anzahl der richtigen Antworten mit Rauschen
Anzahl der falschen Antworten mit Rauschen
Anzahl der richtigen Antworten ohne Rauschen
Anzahl der falschen Antworten ohne Rauschen
Differenz der richtigen Antworten ohne und mit Rauschen
Differenz der falschen Antworten ohne und mit Rauschen
Summe der richtigen Antworten ohne und mit Rauschen
Summe der falschen Antworten ohne und mit Rauschen
Summe aller Antworten

Tab.: 7.8.

Die Differenzmaße sollten den 'reinen' Verarbeitungs-Gewinn bzw. -Verlust der Probanden bei maskierten Wörtern ausdrücken, also unter Berücksichtigung der ohne Maskierung gemachten Fehler; die Summenmaße sollten die allgemeine Leistungsfähigkeit bzw. das Wiedererkennen auf diesem Ge-

biet repräsentieren.

7.6 GERÄUSCHSKALIERUNG

Die Skala zur Beurteilung der Unangenehmheit von Geräuschen hatte folgendes Aussehen (s. Tab. 7.9.):

	Beur.	Beur.
	I	II
(1) Ist mir außerordentlich angenehm.....	0	0
(2) Ist mir angenehm.....	0	0
(3) Ist mir fast angenehm.....	0	0
(4) Ist mir eher angenehm als unangenehm.....	0	0
(5) Ist mir weder angenehm noch unangenehm.....	0	0
(6) Ist mir eher unangenehm als angenehm.....	0	0
(7) Ist mir nicht angenehm.....	0	0
(8) Ist mir durchaus unangenehm.....	0	0
(9) Ist mir außerordentlich unangenehm.....	0	0

Tab.: 7.9.

Die Skala wurde im Reaktionszeit-Experiment zweimal ausgefüllt; einmal bei 50 dB und dann bei 85 dB weißem Rauschen. Daraus ergaben sich zwei Variablen. Zusätzlich wurde noch der Unangenehmheits-Zuwachs gebildet (85-dB-Urteil minus 50-dB-Urteil), um möglicherweise unterschiedliche Bezugssysteme bei der Skalierung auszugleichen. Weiterhin wurden zwei Variablen zum Skalenverständnis erzeugt, und zwar jeweils als Differenz zwischen den Skalenpositionen der vom VL angesagten verbalen Unangenehmheitsäußerung und der von der Versuchsperson geschätzten Skalenposition dieser Äußerung. Als zusammenfassendes Maß des Skalenverständnisses wurde noch die Summe der beiden Differenzen gebildet. Insgesamt ergaben sich 6 Variablen (s. Tab. 7.10.).

Unangenehmheit bei 50 dB Unangenehmheit bei 85 dB Unangenehmheitszuwachs Skalenverständnis I Skalenverständnis II Skalenverständnis Summe
--

Tab.: 7.10.

Bei allen Variablen kann man von der Annahme des Intervallskalenniveaus ausgehen.

8. PROBLEMATIK DER DATENREDUKTION

Betrachtet man die ersten Variablensätze in der hier geschilderten Form, fallen die unterschiedlichen Reduktionsstufen ins Auge, auf denen die Daten vorläufig fixiert worden sind. Fragebogenscores auf Item-Ebene stehen beispielsweise Verlaufsstatistiken, wie Mittelwerten, Variabilitätsmaßen oder Trends gegenüber. Die hier schon ersichtliche Notwendigkeit einer Variablenreduktion wird noch durch folgendes verstärkt: die große Datenvielfalt bedarf auch deshalb einer Strukturierung und Reduzierung, weil zahlreiche Variablen eventuell das Gleiche messen, also partiell redundant sind und weiterhin die rechnerischen Kapazitäten begrenzt sind.

Die notwendigen Variablenreduktionen sollten soweit möglich nicht durch Selektion geschehen, sondern gleichartige Inhalte (kovariierende Größen) sollten zum Beispiel nach Kriterien der Faktorenanalyse zu übergeordneten Variablen zusammengefaßt werden.

8.1. ALLGEMEINE VORBERLEGUNGEN

8.1.1 FRAGEN DER SKALENQUALITÄT

Bei der Zusammenstellung eines Datensatzes wie er sich bei einer derartigen Untersuchung ergibt, fallen Daten unterschiedlicher Qualitäten an, d.h. Nominal-, Ordinal- und Intervallskalenwerte.

Wenngleich es für jede Datenqualität angemessene statistische Kennwerte gibt, so tritt doch andererseits das Problem auf, daß eine Korrelationsmatrix mit wechselnden Korrelationskoeffizienten in sich nicht richtig vergleichbar ist und streng genommen nicht weiter verarbeitet werden kann. Wollte man andererseits nur Intervallskalen-Meßwerte für die komplexen Analysen zulassen, so würde das einen vom inhaltlichen Analyseziel her kaum zu rechtfertigenden Variablenverlust bedeuten.

Wir verwenden in der Folge (a) Intervallskalen-Meßwerte und solche

für die eine äquidistante Skala angenommen werden kann, sowie (b) dichotomisierte Nominalwerte mit der Kodierung 0/1, wobei die Randverteilungen nicht extremer als 80 bzw. 20% ausfallen sollten.

Die aus solchen Daten resultierenden Koeffizienten (Produkt-Moment-, Produkt-Biserialer und Punkt-Vierfelder-Korrelationskoeffizient) lassen eine Matrix erwarten, die in sich statistisch konsistent ist.

Allerdings können die letzten beiden Korrelationskoeffizienten bei ungünstiger Proportion der Alternative unabhängig von der Stärke des Zusammenhanges nicht 1.0 erreichen.

Ein weiteres Problem stellen die Verteilungsformen dar. Bei sehr schiefen oder zweigipfligen Verteilungen resultieren unter-oder überschätzende Korrelationskoeffizienten, und bei Alternativdaten, wie man zeigen kann, Begrenzungen des Maximalwertes (GUILFORD 1965).

8.1.2 STABILITÄT MULTIPLER DATENSTRUKTUREN

Die Verwertbarkeit der Untersuchungsergebnisse hängt wesentlich davon ab, ob die den Probanden zugeordneten Daten verlässlich, d.h. prinzipiell reproduzierbar sind, und damit die Aussage, die aus den Daten abgeleitet werden soll.

Die Problematik liegt in der Prüfung der Stabilität der durch die multivariaten Verfahren erzeugten bzw. beschreibenden Datenstrukturen. Um darüber Aufschluß zu gewinnen, muß das Gesamt-Sample in zwei zufällige Hälften zerlegt werden. Für diese beiden Datensplits sind wesentliche

Analysen getrennt zu rechnen, und die Resultate müssen miteinander verglichen oder kreuzweise miteinander verknüpft werden.

Als Beispiel kann hier das Vorgehen zur Prüfung der Stabilität von Faktor-Scores dargestellt werden:

- Es können drei Faktorenanalysen (Gesamt-Sample, Split X und Y) gerechnet werden, sowie Lösung X und Y 'aufeinanderrotiert' und deren Ähnlichkeit hinsichtlich der Zuordnung der einzelnen Items verglichen werden (zum Problem des Faktorenstrukturvergleichs s. GREIF 1972).
- Aus den Rohwerten von Splits X und Y und den drei Faktorenmatrizen lassen sich 6 Arten von Faktor-Scores berechnen, drei je Person, die theoretisch mit 1.0 korrelieren müßten (dabei teils 'part-whole-Effekt'). Ein analoges Vorgehen ist für Regressionsanalysen möglich.

Für die Analyse komplexer Datenstrukturen sollten nur Sekundärvariablen Verwendung finden, d.h. Variablen, die oberhalb der Item-, bzw. Einzelwertebene liegen, aber noch keine inhaltlichen komplexeren (mehrdimensionalen) Zusammenfassungen darstellen. Dabei können Sekundärvariablen entweder als Composite-Scores Verwendung finden, und zwar aufgrund der Korrelationsmatrix und orientiert an den Dimensionen einer übergreifenden Faktorenanalyse bzw. als Faktor- oder Summen-Scores.

Prinzipiell sind orthogonale Faktor-Scores vorzuziehen, weil sie adäquat gewichtete statistisch unabhängige Kennwerte ergeben, andererseits sind Faktorenlösungen häufig instabil und bei einer undeutlichen (oder orthogonal nicht angemessen beschreibbaren) Struktur können unbefriedigende Lösungen entstehen. Demgegenüber ist die Interpretation von Composite-Scores (oder Summen-Scores) häufig einfacher, weil nur die vorgewählten Items eingehen.

8.2 FAKTORENANALYSE ALS MÖGLICHKEIT DER DATENREDUKTION

Häufig wurde die Frage gestellt, in wieweit die Faktorenanalyse von ihrer Konzeption her als statistisches Verfahren angesehen werden kann. Sieht man als Ausgangspunkt die Korrelationsmatrix, so bewegt man sich eindeutig auf der statistischen Ebene. Jedoch schon die Bestimmung von

Hauptkomponenten leistet nicht mehr den Rückschluß auf eine Grundgesamtheit und stellt eine rechnerische Abstraktion dar. Was man bei der Faktorenanalyse gegenüber anderen Datenreduktionsansätzen, wie beispielsweise Mittelwert oder der Regressionsgeraden, vermißt, ist die Möglichkeit, etwas über die Schätzgenauigkeit eines ermittelten Faktorenmusters aussagen zu können. Wie LAWLEY & MAXWELL (1963) zeigen, besteht aber doch die Möglichkeit, die Faktorenanalyse auf der Basis von mathematisch-statistischen Überlegungen zu entwickeln, und die meisten Autoren halten es für durchaus gerechtfertigt, die Faktorenanalyse zu den multivariaten statistischen Verfahren zu zählen.

OBERLA (1968) versucht eine Systematisierung der Anwendungsmöglichkeiten der Faktorenanalyse und kommt zu drei grundlegenden Schwerpunkten (S. 355 ff.). "Die Faktorenanalyse kann (1) zur 'Neustrukturierung' eines noch wenig bekannten Gebietes verwendet werden.... (2)....läßt sich zur Schätzung von direkt nicht meßbaren Größen verwenden....(3).... kann zur Datenreduktion verwendet werden...."

Der Möglichkeit, die Faktorenanalyse als Datenreduktions-Instrument zu verwenden, liegt der Denkansatz des gesamten faktorenanalytischen Modells zugrunde. Wir gehen davon aus, daß mehrere gemessene Variablen zusammenhängen und miteinander korreliert sind. Das heißt aber, sie messen teilweise dasselbe und bedingen sich gegenseitig, bzw. es kommt darin eine Größe zum Ausdruck, die wir nicht direkt gemessen haben. In sehr vielen Fällen ist die Annahme gerechtfertigt, daß sich aus den beobachteten Variablen eine neue Größe (Faktor) herauskristallisieren läßt. Das führt zu der Frage nach der Struktur, die die beobachteten Beziehungen zwischen den Variablen so genau reproduziert, so daß ein Minimum an Information verlorengeht. Das Ziel läßt sich dahingehend zusammenfassen: die Zahl der durch die Analyse ermittelten Faktoren soll möglichst gering sein, die Struktur möglichst einfach.

Welche Variablen können nun in die Analysen aufgenommen werden ? OBERLA (1968) stellt dies als eine zentrale Frage in den Mittelpunkt seiner Überlegungen, da durch die Variablenauswahl die Faktoren determiniert werden. Für den Fall einer 'Neustrukturierung' oder zur Hypothesenbildung sollen u.a. möglichst unterschiedliche Variablen in die Analyse

einbezogen werden. Soll eine 'Schätzung direkt nicht meßbarer Größen' erfolgen, wird man Variablen heranziehen, die mit den zu schätzenden Größen zusammenhängen. Für uns erfüllt die Faktorenanalyse die Funktion der Datenreduktion, so daß wir es als gerechtfertigt ansehen, partiell abhängige Variablen, die teilweise durch rechnerische Verknüpfungen entstanden sind, gemeinsam zu analysieren (zu diesem Problem s.a. COOLEY & MIERZWA 1961, nach COOLEY & LOHNES 1962). Eine Interpretation derart gewonnener Faktoren ist nur im Sinne der gesetzten Zielvorstellung möglich (s. dazu OBERLA 1968, S. 355 ff).

Für die Erstellung einer Faktorenstruktur bieten sich mehrere Verfahren an, die sich hauptsächlich in der für die Extraktion bereitgestellten Varianzen unterscheiden. Die bekanntesten und gebräuchlichsten sind einmal die Faktorenanalyse und die Hauptkomponentenanalyse sowie in letzter Zeit die Image-Analyse.

8.2.1 KONZEPT DER IMAGE-ANALYSE

GUTTMANs (1953) Ansatz der IMAGE-ANALYSE bekam seine starken Impulse durch das immer wiederkehrende Problem der Kommunalitätenschätzungen. Dazu muß man sich erinnern, daß das Kommunalitätenproblem seinen Ursprung in hypothetischen Überlegungen über die Faktorenart hat, die in einem Variablensatz steckt. Dies sind Faktoren, die entweder zwei oder mehrere Variablen bzw. nur eine spezifische Variable betrafen. Das Neue gegenüber den traditionellen Ansätzen ist bei GUTTMAN, daß er nicht mehr von einem partiellen Korrelationsansatz ausgeht, sondern das Verfahren der multiplen Korrelationsrechnung zur Bestimmung der Kommunalitäten heranzieht. Er geht davon aus, daß sich jede Variable in zwei Teile aufspalten läßt. Der erste Teil (das IMAGE) ist derjenige, der mit Hilfe der multiplen Regressionsrechnung durch die restlichen $m-1$ Variablen geschätzt werden kann. Diese Determination bewegt sich zwischen NULL und EINS; in beiden Extremfällen wird man auf diese Variablen verzichten, denn wird sie vollständig durch die restlichen $m-1$ Variablen determiniert ($r^2 = 1.0$), so beinhaltet sie keine zusätzliche Information, ist hingegen $r^2 = 0.0$, so wird sie für eine Datenreduzierung keinen Gewinn bringen. Das Anti-Image, wie GUTT-

MAN es nennt, ist der zweite Teil einer Variablen, der völlig unabhängig von dem anderen ist und keine gemeinsame Varianz (common variance), sondern nur noch unique Varianz (unique variance) repräsentiert. Aus jeder Daten- bzw. Korrelationsmatrix lassen sich IMAGE als auch ANTI-IMAGE eindeutig bestimmen.

GUTTMAN betrachtet nun als Grundlage seines weiteren Vorgehens nur den IMAGE-Anteil der Variablen, d.h. nur noch die wirklich gemeinsame Varianz wird weiterverarbeitet (s. auch HARRIS 1962, KAISER 1963). Diesen Anteil findet man als Diagonal-Elemente der sogenannten G-Matrix; alle restlichen, nicht diagonalen Elemente der Matrix sind hingegen Kovarianzen.

Die Spure der G-Matrix ist selbstverständlich geringer als die der entsprechenden R-Matrix, da wiegesagt ein Teil unique Varianz ist. Ist aber unique Varianz bei einzelnen Variablen vorhanden, so wird die Anzahl der extrahierten Faktoren bei einem Abbruch Kriterium wie beispielsweise Eigenwert = 1.0 geringer sein, als bei der Analyse einer R-Matrix. KAISER (1963) schlägt vor, ca. halb soviel Faktoren zu extrahieren und zu rotieren, wie die Anzahl der Eingangsvariablen beträgt.

VELDMAN (1967) weist darauf hin, daß die IMAGE-Analyse sich sehr gut für Probleme der Item-Analyse eignet, in denen man von Anfang an weiß, daß jeder der wichtigen Faktoren durch mehr als ein Item repräsentiert ist. Viele faktorenanalytische Probleme erfordern jedoch Datenanalysen, in denen ein wichtiger Faktor nur durch eine einzige Variable repräsentiert wird. Hier versagt die IMAGE-Analyse, da der größte Teil der Varianz nicht gemeinsam ist und somit nicht durch andere Variablen determiniert wird.

8.3 DIE ERSTELLUNG OBERGEORDNETER VARIABLEN

8.3.1 FAKTORENSTRUKTUR DER PERSÖNLICHKEITSVARIABLEN, DER VARIABLEN ZUR SUBJEKTIVEN BEFINDLICHKEIT SOWIE ZUM BEHALTEN UND WIEDERERKENNEN

Bei der ersten Datenreduktion wurden die Kontrollvariablen und die Ge-

räuschskalierungen ausgeklammert. Sie erscheinen im weiteren Verlauf entweder als Summenscores und Mittelwerte (Kontrollvariablen) bzw. als Rohwerte (Geräuschskalierungen).

Zu den restlichen Variablen wurden 3 IMAGE-Analysen durchgeführt. Die erste betraf die 22 Variablen zur Messung der Interferenzneigung. Der Fragebogen zur Bestimmung der emotionalen Labilität/Stabilität wurde gemeinsam mit der Selbsteinschätzung der Befindlichkeit und Stimmung vor und nach der Untersuchung faktorisiert. Die dritte Analyse betraf die 9 Variablen, die aus der Untersuchung zum Wörtererkennen resultieren.

Folgende Anforderungen wurden an die reduzierten Daten gestellt: Jeder Faktor sollte annähernd 5% der gemeinsamen (nicht Gesamtvarianz) Varianz erklären. Zwei Variablen sollten hohe Ladungen auf einem Faktor erbringen, und die Interkorrelationen für die auf einem Faktor am höchsten ladenden Variablen sollten am 1%-Niveau signifikant sein. Stabilitätshinweise ergaben sich aus der Forderung nach identischen Faktorenstrukturen in jeweils zwei Zufallsstichproben.⁺

(a) Analyse der 22 STROOP-Variablen

I. Faktor : 'Lesezeit der Schwarz-Weiss Farbnamen'

Dieser Faktor erklärt 22.41 % der Varianz und hat folgende Hauptladungen:

- (1) Schwarz-Weiss-Stroop Lesezeit gesamt (0.94)
- (2) Schwarz-Weiss-Stroop Lesezeit Teil 2 (0.90)
- (3) Schwarz-Weiss-Stroop Lesezeit Teil 1 (0.88)
- (4) Schwarz-Weiss-Stroop Lesezeit Teil 4 (0.84)
- (5) Schwarz-Weiss-Stroop Lesezeit Teil 3 (0.83)
- (6) Schwarz-Weiss-Stroop Lesezeit Teil 5 (0.79)

⁺ Dem Leser wird auffallen, daß die Anzahl der in eine Analyse eingehenden Ausgangsvariablen für die unterschiedlichen Fragestellungen stark divergiert. Die Folge ist ein prägnanteres (größerer prozentualer Anteil erklärter Varianz) Auftreten einzelner Faktoren. Wir vernachlässigen diesen Tatbestand, da für uns die Gewinnung optimaler Scores Priorität vor dem Anteil der erklärten Varianz besitzt.

Keine der restlichen 16 Variablen zeigt eine nennenswerte Ladung auf diesem Faktor. Die Ladungen liegen alle unter 0.30, zum größten Teil sogar unter 0.10.

Die Hauptvariable des Faktors I hat durchgängig hohe Korrelationen mit den Stroop-Zeit-Variablen und der reinen Stroop-Zeit (Stroop-Zeit minus Lesezeit).

- + .54 bis + .43 mit den Stroop-Zeit-Werten,
- + .31 mit der reinen Stroop-Zeit.

Die Interkorrelationen der Variablen, die auf dem Faktor I hoch laden, bzw. die Korrelationen der Hauptvariablen mit den anderen 5 liegen zwischen + .91 und + .81.

II. Faktor: 'Fehler bei der Farbbenennung im STROOP'

Dieser Faktor ist von Faktor I und auch von Faktor III eindeutig abgehoben. Auf diesem 'Fehlerfaktor' ist keine der anderen Variablen mit einer Ladung über 0.14 vertreten. Der Faktor erklärt 14.68% der Varianz und hat folgende Hauptladungen:

- (1) Stroop Gesamtzahl der Fehler (0.89)
- (2) Stroop Zahl der Fehler Teil 1 (0.75)
- (3) Stroop Zahl der Fehler Teil 2 (0.74)
- (4) Stroop Zahl der Fehler Teil 4 (0.66)
- (5) Stroop Zahl der Fehler Teil 3 (0.63)
- (6) Stroop Zahl der Fehler Teil 5 (0.58)

Die Hauptvariable 'Stroop Gesamtanzahl der Fehler' korreliert selbstverständlich hoch mit den restlichen Variablen dieses Faktors: + .74 bis + .61.

Die Korrelationen zwischen der Hauptvariablen und dem Block der 'Schwarz-Weiss-Stroop-Lesezeit' betragen zwischen + .14 und + .18; zum Block der Stroop-Zeit-Variablen und der reinen Stroop-Zeit bestehen Korrelationen zwischen + .21 und + .32.

III. Faktor: 'Interferenzneigung nach Stroop'

Mit 27.35% deckt dieser Faktor den größten Teil der Varianz. Es sind folgende 7 Variablen, die hoch auf diesem Faktor laden:

- | | |
|--------------------------------|--------|
| (1) Stroop Zeit minus Lesezeit | (-.98) |
| (2) Stroop Zeit gesamt | (-.94) |
| (3) Stroop Zeit Teil 4 | (-.86) |
| (4) Stroop Zeit Teil 5 | (-.85) |
| (5) Stroop Zeit Teil 3 | (-.85) |
| (6) Stroop Zeit Teil 2 | (-.84) |
| (7) Stroop Zeit Teil 1 | (-.81) |

Die sogenannte 'reine Stroop-Zeit' (Farbbenennungszeit minus Lesegeschwindigkeit) hat durchweg sehr hohe Korrelationen mit den STROOP-ZEIT-VARIABLEN, aber ebenfalls hohe Korrelationen mit Variablen der anderen beiden Blöcke.

- + .96 mit Stroop Zeit Gesamt
- + .87 mit Stroop Zeit Teil 4
- + .84 mit Stroop Zeit Teil 2 und 3
- + .83 mit Stroop Zeit Teil 5
- + .81 mit Stroop Zeit Teil 1

Mit den Variablen, die auf dem 1. Faktor hoch laden, ergeben sich folgende Korrelationen:

- + .32 mit Schwarz-Weiss-Lesezeit Gesamt
- + .30 mit Schwarz-Weiss-Lesezeit Teil 3
- + .29 mit Schwarz-Weiss-Lesezeit Teil 4
- + .28 mit Schwarz-Weiss-Lesezeit Teil 1
- + .26 mit Schwarz-Weiss-Lesezeit Teil 2 und 5

Die Beziehung zwischen den Variablen des 'Fehlerfaktors' und der reinen Stroop-Zeit sind nicht ganz so eng:

- + .25 mit Stroop Gesamtzahl der Fehler
- + .18 mit Stroop Fehler Teil 5
- + .17 mit Stroop Fehler Teil 1 und 2
- + .16 mit Stroop Fehler Teil 4

(b) Analyse der 26 Labilitäts- und Stimmungsvariablen

Die Analyse dieser Variablen erbrachte 4 eindeutig identifizierbare Faktoren. Diese 4 Faktoren erklären 79.32% der gemeinsamen Varianz, wobei aber zu beachten ist, daß die gemeinsame Varianz nur 32.99% der Gesamtvarianz abdeckt.

I. Faktor: 'Emotionale Labilität'

Alle Variablen aus dem Fragebogen zur Labilität/Stabilität haben positive Ladungen auf diesem Faktor (zwischen .18 und .52), jedoch wird er vorwiegend durch 6 Variablen charakterisiert:

- | | |
|---|--------|
| (1) 'Ich habe oft schlechte, unzufriedene Laune' | (0.52) |
| (2) 'Ich bin oft unzufrieden' | (0.52) |
| (3) 'Oft fühle ich mich miserabel' | (0.46) |
| (4) 'Man kann mich leicht verstimmen' | (0.42) |
| (5) 'Ich bin abwechselnd fröhlich und traurig' | (0.42) |
| (6) 'Schon die Möglichkeit, Pech zu haben, regt mich auf' | (0.38) |

Die Hauptvariable hat ausschließlich positive Korrelationen mit allen Variablen des Fragebogens.

- + .48 mit 'Ich bin oft unzufrieden'
- + .34 mit 'Man kann mich leicht verstimmen'
- + .34 mit 'Oft fühle ich mich miserabel'
- + .29 mit 'Ich bin abwechselnd fröhlich und traurig'
- + .24 mit 'Schon die Möglichkeit, Pech zu haben, regt mich auf'

Aber auch mit Variablen, die - wie weiter unten ersichtlich - auf dem

zweiten Faktor dieses Fragebogens (s. Faktor IV) hoch laden, ergeben sich noch erträgliche Korrelationen:

- + .32 mit 'Ich bin leicht reizbar'
- + .27 mit 'Ich bin besonders nervös'
- + .23 mit 'Ich rege mich sehr leicht auf'

Die Beziehungen zu den Variablen aus den Fragebögen zur Einschätzung der Stimmung oder Befindlichkeit vor und nach der Untersuchung sind eindeutig. Die Ladungen dieser Variablen auf dem Faktor 'Emotionale Labilität' liegen zwischen +.01 und +.15. Die Korrelationen zwischen der Hauptvariablen und den 'Stimmungsvariablen' liegen bis auf zwei Ausnahmen (+.12) alle unter +.05. Dieser erste Faktor 'Emotionale Labilität' erklärt 9.93% der Varianz.

II. Faktor: 'Subjektive Befindlichkeit nach der Untersuchung'

Dieser Faktor wird ausschließlich durch die fünf Fragen zur Befindlichkeit der Probanden nach der Untersuchung determiniert:

- (1) SE (Selbsteinschätzung) der Frische (0.59)
- (2) SE der Konzentrationsfähigkeit (0.57)
- (3) SE der Stimmung (0.53)
- (4) SE der Leistungsfähigkeit (0.51)
- (5) SE der Unruhe (.38)

Dementsprechend korrelieren diese Fragebogenvariablen untereinander, wobei wir jedoch nur die Korrelationen der Hauptvariablen angeben:

- + .48 mit SE der Konzentrationsfähigkeit
- + .45 mit SE der Stimmung
- + .40 mit SE der Leistungsfähigkeit
- .33 mit SE der Unruhe

Erstaunlich ist, daß die Hauptvariable nur mit einer einzigen Variablen aus dem fast identischen Stimmungsfragebogen vor der Untersuchung korreliert, nämlich mit SE der Konzentrationsfähigkeit (+.16). Die Korrelationskoeffizienten mit den übrigen Variablen der Analyse liegen weit

unter dem von uns gesetzten Wert, der einem Signifikanzniveau von 1% entsprechen würde. Der Faktor selber erklärt 5.54% der Varianz.

III. Faktor: 'Subjektive Befindlichkeit vor der Untersuchung'

Hier haben wir das Gegenstück zum vorhergehenden Faktor. Er erklärt 5.38% der Varianz und wird vor allem durch die Selbsteinschätzung der 'Frische', 'Konzentrationsfähigkeit' und 'Stimmung' des Probanden charakterisiert.

- | | |
|------------------------------------|--------|
| (1) SE der Konzentrationsfähigkeit | (0.54) |
| (2) SE der Stimmung | (0.53) |
| (3) SE der Frische | (0.53) |
| (4) SE der Leistungsfähigkeit | (0.37) |
| (5) SE der Erregung | (-.35) |

Die Ladungen der restlichen 21 Variablen liegen bis auf wenige (bei 0.20) alle unter 0.10.

Die Hauptvariable 'SE der Konzentrationsfähigkeit' dieses Faktors korreliert in erster Linie mit den anderen Variablen dieses Fragebogens.

- + .49 mit SE der Stimmung
- + .46 mit SE der Frische
- + .28 mit SE der Leistungsfähigkeit
- .28 mit SE der Erregung

Eine Korrelation mit den Variablen des Fragebogens hinsichtlich Stimmung und Befindlichkeit vor der Untersuchung liegt nur im Fall der 'SE der Frische' vor (+.16). Außerdem ergaben sich drei erwähnenswerte Korrelationen zum Labilitätsfragebogen:

- .20 mit 'Ich bin besonders nervös'
- .18 mit 'Ich fühle mich häufig niedergeschlagen'
- .16 mit 'Ich rege mich sehr leicht auf'

Da die beiden Fragebögen zur Befindlichkeit des Probanden vor und nach der Untersuchung fast identisch sind, jedoch nur der Fragebogen vor der

Untersuchung Beziehungen zu theoretisch ähnlichen Variablen aus anderen Untersuchungsabschnitten aufweist, kann man vermuten, daß die beiden Fragebögen etwas Verschiedenes messen. Wahrscheinlich mißt der Fragebogen nach der Untersuchung eher die subjektive Ermüdung des Probanden.

IV. Faktor: 'Nervosität'

Dieser Faktor ist wie der erste eindeutig durch Variablen zum Labilitätsfragebogen determiniert. Er erklärt aber im Gegensatz zum Faktor der 'Emotionalen Labilität' nur noch 5.41% der Varianz. Die Variablen mit den höchsten Ladungen sind:

- | | |
|---|--------|
| (1) 'Ich rege mich sehr leicht auf' | (0.52) |
| (2) 'Ich bin besonders nervös' | (0.50) |
| (3) 'Ich bin leicht reizbar' | (0.47) |
| (4) 'Ich bekomme sehr leicht Angst' | (0.30) |
| (5) 'Ich leide an einer inneren Unruhe' | (0.29) |

Die Korrelationen der Hauptvariablen sind in diesem Fall nicht auf die restlichen Variablen des Faktors beschränkt, aber dort selbstverständlich am höchsten.

+ .51 mit 'Ich bin leicht reizbar'

+ .44 mit 'Ich bin besonders nervös'

Zu anderen Variablen des gesamten Fragebogens ergeben sich folgende Korrelationen:

+ .29 mit 'Ich fühle mich häufig niedergeschlagen'

+ .28 mit 'Man kann mich leicht verstimmen'

+ .24 mit 'Schon die Möglichkeit, Pech zu haben, regt mich auf'

+ .23 mit 'Ich habe oft schlechte, unzufriedene Laune'

+ .20 mit 'Ich habe Angst an einen fremden Ort zu gehen'

Aber auch mit zwei weiteren Variablen bestehen signifikante Korrelationen: Die erste betrifft 'SE der Erregung' vor der Untersuchung (+.29), die zweite bezieht sich auf die 'Föhneempfindlichkeit' der Probanden; hier beträgt die Korrelation mit der Hauptvariablen des Faktor +.21.

(c) Analyse der Variablen zum Wörterwiedererkennen

Die Faktorisierung der 9 Variablen kann zu einem Mißverständnis führen. Es wird praktisch kein Unterschied zwischen der Gesamt- und der gemeinsamen Varianz deutlich. Mit anderen Worten, die gemeinsame Varianz deckt beinahe 100% der Gesamtvarianz. Dies ist aber sofort durchschaubar, betrachtet man sich die 9 in die Analyse eingehenden Variablen etwas näher. Es besteht zwischen 7 Variablen ein starker Zusammenhang, bzw. man kann sie auf keinen Fall als unabhängig bezeichnen. Die Analyse der Variablen zum Wörtererkennen erbrachte 2 sinnvolle Faktoren, die zusammen 74.00% der Varianz erklären.

I. Faktor: 'Reproduktion verbaler Responses'

Die Kennzeichnung dieses Faktors wird bewußt allgemein gehalten. Die Analyse zeigt bei allen Probanden eine allgemeine Tendenz zu respondieren, unabhängig von den Konditionen, unter denen die kritischen Items dargeboten werden. Diese erstreckt sich gleichzeitig auf falsche Responses, d.h. es wird in gleichem Maße auf Stimuli respondiert, die nicht zur Gruppe der kritischen Items gehören. Der Faktor hat folgende Hauptladungen:

(1) Wörter Gesamtanzahl der Antworten (F+R)	(0.99)
(2) Wörter Gesamtanzahl der Falschen	(0.89)
(3) Wörter Gesamtanzahl der Richtigen	(0.85)
(4) Wörter Anzahl der Falschen Teil I (mit Rauschen)	(0.83)
(5) Wörter Anzahl der Richtigen Teil II (ohne Rauschen)	(0.78)
(6) Wörter Anzahl der Falschen Teil II	(0.78)
(7) Wörter Anzahl der Richtigen Teil I	(0.71)

Die beiden restlichen Variablen laden nicht auf diesem Faktor (0.11 und -.03).

Die Hauptvariable dieses Faktors (Wörter Gesamtanzahl der Antworten) korreliert natürlich hoch positiv mit den sechs übrigen Variablen dieses Faktors:

- + .91 mit Wörter Gesamtanzahl der Falschen
- + .82 mit Wörter Gesamtanzahl der Richtigen
- + .81 Wörter Anzahl der Falschen Teil I
- + .81 mit Wörter Anzahl der Falschen Teil II
- + .75 mit Wörter Anzahl der Richtigen Teil II
- + .69 mit Wörter Anzahl der Richtigen Teil I

Die Korrelationen mit den beiden restlichen Variablen betragen +.08 und -.01. der Faktor erklärt 54.65% der Varianz.

II. Faktor: 'Reproduktion nach Auftreten von Rauschen'

Dieser Faktor wird determiniert durch zwei Differenz-Scores, die sich aus der Anzahl der Responses in Teil II und Teil I ergeben. Generell ist festzuhalten, daß ein Anstieg der produzierten Responses im zweiten Teil des Versuches zu beobachten ist, unabhängig davon, ob es sich um richtige oder falsche Responses handelt. Die beiden Variablen laden folgendermaßen auf dem Faktor:

- (1) Wörter Anzahl der Richtigen Teil II minus Teil I (0.76)
- (2) Wörter Anzahl der Falschen Teil II minus Teil I (0.72)

Die Korrelationen der beiden Variablen zu den anderen sieben sind teilweise recht hoch. Die Korrelationen zwischen der Hauptvariablen des zweiten und den Variablen des ersten Faktors betragen:

- + .51 mit Wörter Anzahl der Richtigen Teil II
- .45 mit Wörter Anzahl der Richtigen Teil I
- + .17 mit Wörter Anzahl der Falschen Teil II

Die restlichen Korrelationen liegen alle unter 0.10. Der Faktor erklärt 19.35% der Varianz.

8.3.2 FAKTORENSTRUKTUR DES REAKTIONSZEIT- UND DISTRAKTIONS-EXPERIMENTS

In diesem Abschnitt werden diejenigen Variablen behandelt, die von der Art der Erhebung her in die Rubrik der experimentalpsychologischen Daten fallen. Wie schon erwähnt, ergaben sich 67 Variablen, die zum Teil voneinander abhängig sind. Letztlich lassen sich aber doch verschiedene Blöcke herauskristallisieren, die an bestimmte Fragestellungen gekoppelt sind:

1. Die Reaktionszeit in Abhängigkeit

- (a) der Länge des Stimulus,
- (b) des Einflusses der Akustik auf die Verarbeitung visueller Information,
- (c) der Auswirkung der versetzten akustischen Information,
- (d) der Position des visuellen Stimulus innerhalb des 700 msec-Taktes (o.A. und m.A.)

2. Einfluß der Position auf die Anzahl der 'false alarms' (o.A. und m.A.)

3. Variabilität der individuellen Reaktionszeiten (o.A. und m.A.)

4. Abhängigkeit zwischen 'Nichtreaktionen' (o.A. und m.A.) und Positionen des optischen Signals.

Die Faktorisierung der 67 Distraktions-Variablen erbrachte nach strenger Stabilitätskontrolle 11 Faktoren, die bei 83.98% gemeinsamer Varianz 76.69% der Gesamtvarianz erklären.

Von diesen 11 Faktoren werden zunächst nur 4 für die weiteren Analysen verwendet, da die restlichen 7 dem Kriterium des 'prozentual erklärten Anteils der Varianz' zum Opfer fallen.

Nach VARIMAX-ROTATION decken die 4 Faktoren 46.51% der Varianz.

I. Faktor: 'Reaktionszeit bei mehrdimensionalen Stimuli'

Dieser Faktor erklärt 20.75% der Varianz und ist als eine allgemeine Reaktionstendenz der Probanden zu verstehen. Hierbei spielt es keine Rolle, ob es sich um rein visuelle Information handelt, oder ob simultan ein

akustischer und visueller Reiz auftreten. Die Variablen, die lange Stimuli repräsentieren, zeigen auf diesem Faktor genauso hohe Ladungen wie Variablen der kurzen Stimuli. Es lassen sich folgende Hauptladungen beobachten:

(1) RT bei visuellen kurzen Stimuli o.A.	(0.89)
(2) RT bei visuellen kurzen Stimuli m.A. (Pos.1/2)	(0.89)
(3) RT bei visuellen kurzen Stimuli m.A. (vor/m/n)	(0.88)
(4) RT bei visuellen kurzen Stimuli m.A. (Pos. 1)	(0.82)
(5) RT bei visuellen kurzen Stimuli o.A. (Pos.1/2)	(0.79)
(6) RT bei visuellen kurzen Stimuli m.A. (Mitte 0)	(0.78)
(7) RT bei visuellen kurzen Stimuli m.A. (nach 0)	(0.77)
(8) RT bei visuellen kurzen Stimuli m.A. (vor 0)	(0.76)
(9) RT bei visuellen langen Stimuli m.A.	(0.76)
(10) RT bei visuellen langen Stimuli o.A.	(0.74)

Die Hauptvariable dieses Faktors (RT bei visuellen kurzen Stimuli o.A.) korreliert mit den anderen Variablen dieses Faktors hoch (zwischen 0.83 und 0.65). Mittlere Korrelationen zeigen sich mit den Variablen des Blocks der sogenannten Nichtreaktionen (0.13 bis 0.32) und den Dämpfungsvariablen (0.19 bis 0.38).

II. Faktor: 'Reaktionsbereitschaft auf mehrdimensionale Stimuli'

Der zweite Faktor erklärt 13.73% der Varianz; er ist im Gegensatz zum 1. Faktor eindeutiger. Hohe Ladungen werden durch einen Teil der Variablen des Blocks der 'Nichtreaktionen' erbracht. Dabei zeigt sich eine klare Trennung zwischen dem Zustand der visuellen Stimulierung ohne Akustik und der Simultandarbietung von visueller und akustischer Information auf der einen Seite (bei kurzen optischen Stimuli) und andererseits dem Zustand der versetzten akustischen Information (Akustik nach Optik) und der Anzahl der Nichtreaktionen bei langen visuellen Stimuli (o.A. und m.A.). Alle Hauptladungen auf diesem Faktor sind negativ. Wir haben es mit einer erhöhten Bereitschaft der Probanden zu reagieren zu tun, sofern nur visuelle Information allein dargeboten wird oder akustische Information gleichzeitig bzw. kurz vorher auftritt. Dies wird auch durch die Tatsache gestützt, daß wir einen

fünftens Faktor haben, in dem die restlichen Variablen dieses Blocks hoch laden, der aber durch unser Kriterium hinsichtlich der erklärten Varianz, bei knapp 3% vorläufig nicht in die weitere Analyse mit aufgenommen wird. Wir haben es beim II. Faktor mit folgenden Hauptladungen zu tun:

- | | |
|--|--------|
| (1) Anzahl der Nichtreaktionen bei kurzen vis. S. | (-.89) |
| (2) Anzahl der Nichtreaktionen bei kurzen vis. S.
m.A. vor O. | (-.87) |
| (3) Anzahl der Nichtreaktionen m.A. (v/m/n) | (-.87) |
| (4) Anzahl der Nichtreaktionen bei kurzen vis. S.
m.A. Mitte O. | (-.86) |

Die Hauptvariable (1) korreliert am höchsten mit den anderen Variablen dieses Faktors:

- + .80 mit Anzahl der Nichtreaktionen m.A. (v/m/n)
- + .75 mit Anzahl der Nichtreaktionen bei kurzen vis. S.
m.A. vor O.
- + .74 mit Anzahl der Nichtreaktionen bei kurzen vis. S.
m.A. Mitte O.

Ein weiterer Block von Variablen zeigt durchgängig hohe Korrelationen mit der Hauptvariablen. Über alle Positionen hinweg wurde die Anzahl der 'HITS IN PROZENT' erhoben, für den Zustand o.A. und m.A. Es ist zu erwarten, daß Probanden mit einer erhöhten Reaktionsbereitschaft bei diesen Variablen höhere Scores erhalten. Die Korrelationskoeffizienten liegen alle zwischen -.31 und -.76.

III. Faktor: 'Variabilität der Reaktionszeiten über alle 7 Positionen ohne Akustik'

Dieser Faktor erklärt 6.15% der Varianz und hat folgende Hauptladungen:

- | | |
|---|--------|
| (1) Variabilität RT über alle Positionen o.A. | (0.92) |
| (2) Höhe der Dämpfung o.A. | (0.92) |
| (3) Dämpfungsverringerung max. o.A. | (0.77) |
| (4) RT bei kurzen vis. S. Pos. 4 o.A. | (0.69) |
| (5) Dämpfungsvergrößerung o.A. | (0.67) |

Die Hauptvariable hat mit den anderen vier folgende Korrelationen:

- + .95 mit Dämpfung (Höhe) o.A.
- + .74 mit Dämpfungsverringerung max. o.A.
- + .60 mit Dämpfungsvergrößerung o.A.
- + .49 mit RT bei kurzen vis. S. Pos. 4 o.A.

Weitere nennenswerte Korrelationen gibt es nur in drei Fällen:

- .49 mit Dämpfungsverringerung min. o.A.
- + .32 mit RT bei kurzen vis. S. Pos. 3+4+5 o.A.
- .27 mit RT bei kurzen vis. S. Pos. 2 o.A.

Eine zusätzliche Absicherung des Zustandes o.A. erfährt der Faktor durch die Tatsache, daß die gleichen Variablen unter der Bedingung m.A. sehr geringe Ladungen auf diesem Faktor haben und auch keine einzige erwähnenswerte Korrelation (+0.06 bis +.12) zwischen ihnen und der Hauptvariablen des 3. Faktors besteht.

IV. Faktor: 'Variabilität der Reaktionszeiten über alle 7 Positionen mit Akustik'

Hier haben wir das Gegenstück zum 3. Faktor. Es tauchen die gleichen Variablen unter der Bedingung m.A. auf, wie aus den Ladungen ersichtlich ist:

- | | |
|---|--------|
| (1) Variabilität RT über alle Positionen m.A. | (0.93) |
| (2) Höhe der Dämpfung m.A. | (0.90) |
| (3) Dämpfungsverringerung max. m.A. | (0.78) |
| (4) Dämpfungsvergrößerung m.A. | (0.58) |

Die Korrelationen zwischen der Hauptvariablen und den anderen drei sind dementsprechend hoch:

- + .96 mit Höhe der Dämpfung m.A.
- + .74 mit Dämpfungsverringerung max. m.A.
- + .55 mit Dämpfungsvergrößerung m.A.

Weitere auffallende Korrelationen der Hauptvariablen mit anderen:

- + .44 RT bei kurzen vis. S. Pos. 7 m.A.
- + .44 RT bei kurzen vis. S. Pos. 6+7 m.A.
- .37 Dämpfungsverringerung min. m.A.
- + .37 RT bei kurzen vis. S. m.A. vor 0.
- + .32 RT bei kurzen vis. S. Pos. 6 m.A.

Analyse der Reaktionszeitvariablen:

In die Analyse der Reaktionszeitvariablen gingen pro Proband 12 Scores ein. Die wichtigsten Unterscheidungskriterien waren die Länge des Intervalls zwischen Vor- und Hauptsignal (dabei wurden zwei Klassen unterschieden), und die akustische Stimulation (50 bzw. 85 dB-Rauschen). Die Analyse erbrachte 3 Faktoren, die 85.52% der gemeinsamen Varianz (63.25% der Gesamtvarianz) erklären. Von diesen drei Faktoren ist aber nur der erste für die weiteren Analysen zu verwenden, da die beiden anderen sich zwar klar vom 1. Faktor abheben, aber die Ladungen der Hauptvariablen nicht den von uns gesetzten Forderungen entsprechen.

I. Faktor: 'Allgemeine Reaktionszeit'

Dieser Faktor erklärt immerhin noch 43.81% der Varianz und folgende Variablen laden am höchsten auf diesem Faktor:

- (1) Mittlere Reaktionszeit m.A. (0.95)
- (2) Mittlere Reaktionszeit o.A. (0.94)
- (3) Reaktionszeit bei langer Vorwarnzeit m.A. (0.94)
- (4) Reaktionszeit bei kurzer Vorwarnzeit m.A. (0.93)
- (5) Reaktionszeit bei langer Vorwarnzeit o.A. (0.93)
- (6) Reaktionszeit bei kurzer Vorwarnzeit o.A. (0.90)

Die restlichen Ladungen auf diesem Faktor liegen alle unter 0.10. Die

Korrelationen zwischen der am höchsten ladenden und den restlichen 5 Variablen sind naturgemäß recht hoch:

- + .98 mit Reaktionszeit bei langer Vorwarnzeit m.A.
- + .98 mit Reaktionszeit bei kurzer Vorwarnzeit m.A.
- + .84 mit mittlerer Reaktionszeit o.A.
- + .83 mit Reaktionszeit bei langer Vorwarnzeit o.A.
- + .81 mit Reaktionszeit bei kurzer Vorwarnzeit o.A.

Zu den anderen in die Analyse eingegangenen Variablen bestehen keine Beziehungen. Eine Korrelation von 0.15, sonst alle weit darunter.

8.3.3 FAKTORENSTRUKTUR DES TRACKING-VERSUCHES

In diesem Abschnitt werden diejenigen Reaktionsstrukturen besprochen, die sich nach mehrfacher Datenreduktion aus dem von uns so genannten 'Dauerleistungsversuch' ergaben.

Die Auswertung der kontinuierlichen akustischen, optischen, motorischen und physiologischen Reaktionen vollzog sich in mehreren hintereinanderliegenden Schritten der Datenreduktion: zunächst wurden die Reaktionen bereichsweise in 500 msec-Intervallen digitalisiert und mit der jeweils dazugehörenden Information über den akustischen Stimulus ausgegeben. Die daraus resultierenden ca. 3500 Daten pro Proband und Reaktionsbereich wurden mit unterschiedlichen Zeitkonstanten (s. Abschnitt 7.1.2) auf 106 Mittelwerte reduziert. In einem weiteren Reduktionsschritt entstanden die von uns im Abschnitt 7.1.4 beschriebenen 37 Variablen. Es soll hier noch einmal darauf hingewiesen werden, daß jeweils für den motorischen Reaktionsbereich, für die Fingerpuls- und die Kopfpulsamplitude und für den Muskeltonus die gleichen 37 Variablen pro Proband errechnet wurden, so daß zumindest von der Datenreduktionstechnik her vergleichbare Variablen aus vier unterschiedlichen Reaktionsbereichen vorliegen. Allerdings erschien der Datenkörper mit allein 148 Variablen aus dem physiologisch-motorischen Reaktionsbereich noch immer recht unhandlich und für Reiz-Reaktionsrechnungen nicht brauchbar, da die Einzelvariablen besonders innerhalb eines Reaktionsbereiches sehr stark voneinander abhängig sind und außerdem keine Angaben über die Zuverlässig-

keit der Variablen gemacht werden können.

Als günstigste Methode für eine weitere Datenreduktion erschien uns die Image-Analyse, weil aus ihr prinzipiell unabhängige Faktoren hervorgehen, deren Zuverlässigkeit gegenüber Änderungen der Probanden- und der Variablen-Selektion geprüft werden kann, so daß durch den Vergleich zweier oder mehrerer unabhängiger Lösungen Aussagen über die formale und inhaltliche Stabilität der reduzierten Variablen gemacht werden können. Um die teilweise sehr große Streuung der Rohwerte in den Griff zu bekommen, wurden zusätzlich alle Variablen einer Transformation (nach McCALL 1939) unterzogen. Jeder Reaktionsbereich wurde getrennt analysiert; dementsprechend werden wir im folgenden jeden für sich gesondert darstellen.

(a) Die motorische Tracking-Leistung:

66% der Varianz zwischen den 37 motorischen Variablen wurde als gemeinsam erkannt und in 5 Faktoren aufgespalten:

I. Faktor: 'Motorische Desorganisation durch 100 dB-Rauschen'

Dieser Faktor deckt 12% der systematischen Varianz und wird inhaltlich durch 5 Variablen bestimmt:

- (1) Maximalreaktion bei 100 dB (0.89)
- (2) Mittelwert des Fehlers bei 100 dB (0.83)
- (3) Variabilität der Reaktion bei 100 dB (0.83)
- (4) Reaktionsbetrag (Fehlerzuwachs) 100dB(0.69)
- (5) Unmittelbarer Fehlerzuwachs, 100 dB (0.66)

Kennzeichnend für diese Reaktionsstruktur ist eine im Mittel hohe Abweichung der motorischen Tracking-Leistung vom stabilen und vom letzten Ruhe-Ausgangswert unter dem Einfluß des 100 dB-Rauschens. Die Fehlerrate beim Verfolgen des Zeigers steigt somit sehr stark an, gleichzeitig erhöht sich jedoch die Varianz der Leistung, was darauf hinweist, daß die Probanden unter dem Einfluß des Schalls nicht einfach einen großen Leistungsabfall zeigen, sondern motorisch sehr aktiv sind, jedoch nicht zielsicher den Zeiger in Mittelstellung halten können.

II. Faktor: 'Störung der motorischen Leistung durch 85 dB-Rauschen'

Dieser Faktor erklärt 13% der systematischen Varianz und wird durch folgende Variablen definiert:

- (1) Reaktionsbetrag bei 85 dB (0.93)
- (2) Mittelwert des Fehlers bei 85 dB (0.92)
- (3) Maximalwert des Fehlers bei 85 dB (0.74)
- (4) Unmittelbarer Fehlerzuwachs 85 dB (0.68)
- (5) Mittelwert des Fehler unter Ruhe (-.61)

Dieser Faktor beschreibt die Erhöhung der Fehlerquote durch das Einsetzen des 85 dB-Geräusches in Abhängigkeit sowohl vom stabilsten Ruhewert als auch vom letzten Ruhewert. Die Variabilität innerhalb der Geräusch-Phase tritt jedoch nicht determinierend in Erscheinung, so daß sich zwar das Niveau der motorischen Leistung unter der 85 dB-Beschallung verschlechtert, jedoch keine qualitative Reaktionsänderung - wie etwa bei 100 dB - zu bemerken ist.

III. Faktor: 'Andauern der motorischen Reaktion während und nach Rauschen'

Dieser Faktor beschreibt 11% der systematischen Varianz zwischen den Motorik-Variablen, wobei er sich durch 4 Variablen charakterisieren läßt:

- (1) Mittelwert des Fehlers in Ruhe zwischen 85 und 100 dB (0.76)
- (2) Reaktionstiefe der Motorik bei 100 dB (0.73)
- (3) Minimalwert des Fehlers bei 100 dB (-.62)
- (4) Reaktionsbetrag bei 100 dB (-.60)

Diese Faktorstruktur ist stark ausgangswertabhängig: ist die mittlere Fehlerquote in der Ruhepause nach dem 85 dB-Geräusch noch relativ hoch, denn führt dies dazu, daß die Beeinträchtigung der Leistung durch den 100 dB-Schall sehr lange anhält. Andererseits scheint die qualitative Art dieser Reaktionsform bei 100 dB sich nicht allzusehr von der Art der Reaktion bei 85 dB zu unterscheiden, denn die geringsten Fehlerquoten unter 100 dB-Rauschen haben in diesem Faktor eine beachtlich hohe negative Ladung, was darauf hinweist, daß auch sehr kleine Fehlerquoten über längere Zeitstrecken unter Rauschen durchgehalten werden.

IV. Faktor: 'Variabilität der Motorik'

Dieser Faktor ist, wie auch der nächste, nicht mehr sehr stark ausgeprägt, und er trägt zur Aufklärung der systematischen Varianz auch nur noch 6% bei. Er wird überwiegend gekennzeichnet durch das Ausmaß der Gesamtvariabilität und der Minimalreaktion unter 85 und 100 dB:

- (1) Minimalreaktion bei 85 dB (0.58)
- (2) Gesamtvariabilität der Motorik (0.52)
- (3) Minimalreaktion bei 100 dB (0.44)

Das Bild dieses Faktors ist, besonders wenn man die Korrelationen der Hauptvariable mit den übrigen vergleicht, wenig eindeutig.

V. Faktor: 'Schnelle und langfristige Desorganisation der Motorik'

Dieser Faktor erklärt nur 5% der systematischen Varianz, ist jedoch sehr stabil, obwohl er inhaltlich schwer interpretierbar ist:

- (1) Mittlerer Fehler nach Aufhören von 100 dB (-.69)
- (2) Erholungsquotient nach Aufhören von 100 dB (-.53)
- (3) Reaktionssteilheit bei 85 dB (0.38)

Diese und andere schwächere Faktorladungen auf den Variablen zur Initialreaktion weisen auf eine Reaktionsform hin, die durch sehr schnelle Anfangsreaktionen gegenüber Geräuschen gekennzeichnet sind und außerdem durch ein Andauern der Fehlerhöhe während der gesamten Beschallungsphase und darüber hinaus, so daß keine Erholung unmittelbar nach dem Geräusch meßbar ist.

(b) Die Fingerpulsamplitude:

Die Analyse der Zusammenhänge zwischen den 37 Variablen im Bereich der Fingerpulsamplitude erbrachte eine gegenüber der Motorik reichhaltigere Reaktionsstruktur mit 5 stabilen Faktoren, die insgesamt 73% von 72% gemeinsamer Varianz erklären:

I. Faktor: 'Ausmaß der Vasokonstriktion bei 100 dB'

Dieser Faktor erklärt 11% der systematischen Varianz innerhalb der Fingerpulswerte und wird überwiegend durch 5 Variablen charakterisiert:

- | | |
|--|--------|
| (1) Mittelwert der Amplitude bei 100 dB | (-.88) |
| (2) Reaktionsbetrag bei 100 dB | (-.75) |
| (3) Mittelwert der Amplitude nach 100 dB | (-.68) |
| (4) Minimalreaktion bei 100 dB | (-.59) |
| (5) Maximalreaktion bei 100 dB | (-.52) |

Dieser Faktor ist durch die Definition der stärksten Variable ausgangswertabhängig, seine negative Gewichtung sowohl der Minimal- als auch Maximalreaktion weist darauf hin, daß die Fingerpulsamplitude sowohl im Fall der größten wie auch der kleinsten Abweichung vom Ausgangswert in jedem Fall unterhalb des Ausgangswertes liegt, was eindeutig auf eine Vasokonstriktion der Peripherie bei 100 dB-Geräuschen hinweist.

II. Faktor: 'Variabilität der Fingerpulsamplitude bei 100 dB'

Diese Reaktionsstruktur erklärt 16% der systematischen Varianz zwischen den Fingerpulsvariablen und ist ebenfalls ausgangswertabhängig:

- | | |
|---|--------|
| (1) Variabilität der Amplitude bei 100 dB | (0.83) |
| (2) Maximalreaktion bei 100 dB | (0.69) |
| (3) Reaktionstiefe bei 100 dB | (0.67) |
| (4) Variabilität der Amplitude bei 85 dB | (0.67) |
| (5) Reaktionssteilheit bei 100 dB | (-.65) |

Die negative Ladung der Reaktionssteilheit wirkt zunächst überraschend. Es soll jedoch daran erinnert werden, daß die Reaktionssteilheit ein Trend-Wert ist, der durch sein Vorzeichen die Richtung des Trends anzeigt: in diesem Fall ist ein schneller Abfall der Amplitude in der Anfangsphase des Rauschens mit einer hohen Amplituden-Variabilität sowohl bei 100 dB als auch bei 85 dB und einer großen Reaktionstiefe verbunden.

III. Faktor: 'Ausmaß der Vasokonstriktion bei 85 dB'

Der Faktor erklärt 13% der systematischen Varianz und wird überwiegend durch 4 Variablen charakterisiert:

- | | |
|--|--------|
| (1) Reaktionsbetrag bei 85 dB | (0.93) |
| (2) Mittelwert der Amplitude bei 85 dB | (0.92) |
| (3) Maximalreaktion bei 85 dB | (0.75) |
| (4) Mittelwert der Amplitude in Ruhe | (-.70) |

Auch hier liegt wieder eine deutliche Abhängigkeit der Fingerpulsamplitude unter Rauschen von der Amplitude in Ruhe vor, allerdings muß man bemerken, daß dieser Faktor nicht einfach eine Replikation der Reaktionsstruktur des ersten Faktors für 85 dB ist. Bei 85 dB besteht die durchschnittliche Reaktion der Fingerblutgefäße zwar in der Konstriktion, jedoch ist die Varianz dieser Reaktion größer als bei 100 dB, und unter Umständen kommt es auch zu Dilatationen.

IV. Faktor: 'Dauer der Vasokonstriktion am Finger'

Diese Faktorstruktur kann 8% der systematischen Varianz zwischen den Fingerpulsvariablen aufklären und ist sehr eindeutig:

- | | |
|--|--------|
| (1) Trend der Amplitude während der 85 dB-Phase | (-.66) |
| (2) Trend der Amplitude während der 100 dB-Phase | (-.55) |
| (3) Zeitpunkt der Minimalreaktion bei 85 dB | (0.52) |
| (4) Zeitpunkt der Minimalreaktion bei 100 dB | (0.49) |

Diese Reaktionsform ist bei hohen Ausprägungsgraden durch ein über lange Strecken der Rauschphase hinweg anhaltendes Abfallen der Fingerpulsamplitude und durch ein sehr spätes Wieder-Erreichen der Nähe des Ausgangsniveaus gekennzeichnet.

V. Faktor: 'Reaktionsgeschwindigkeit der Vasokonstriktion bei 85 dB am Finger'

Dieser Faktor kann nur 5% der systematischen Varianz zwischen den Finger-

pulsvariablen aufklären und ist dementsprechend schwierig zu interpretieren:

- (1) Initialreaktion bei 85 dB (-.73)
- (2) Unmittelbare Reaktion bei 85 dB (-.42)
- (3) Reaktionssteilheit bei 85 dB (0.39)

Auch die Initialreaktion ist ein Trendwert, daher ist der Vergleich der Vorzeichen bei der Initialreaktion und der Reaktionssteilheit zunächst verwirrend: während offensichtlich eine starke negative Initialreaktion die Vasokonstriktion gegenüber 85 dB einleitet, folgt darauf zunächst wieder ein Amplitudenanstieg innerhalb der ersten 4.5 sec nach Einsetzen des Rauschens. Möglicherweise spielen sich innerhalb dieser ersten Zeit kognitive Prozesse in der Person ab, die eine semantische Einordnung des Stimulus zur Folge haben können (LAZARUS 1967).

(c) Die Kopfpulsamplitude

Die Analyse der Kopfpulsamplituden-Variablen erbrachte 8 teilweise sehr differenzierte Faktoren, jedoch ist der Erklärungswert der einzelnen Faktoren recht gering. Insgesamt wurden nur 62% der Gesamtvarianz als gemeinsam erkannt und 80% davon durch 8 Faktoren aufgeklärt:

I. Faktor: 'Ausmaß der Vasodilatation am Kopf bei 85 dB'

Der Faktor erklärt 9% der systematischen Varianz und ist sehr eindeutig:

- (1) Mittelwert der Amplitude bei 85 dB (0.92)
- (2) Reaktionsbetrag bei 85 dB (0.85)
- (3) Minimalreaktion bei 85 dB (0.61)
- (4) Mittelwert der Amplitude unter Ruhe (-.55)

Damit ist die Ausgangswertabhängigkeit der Pulsamplituden-Erhöhung am Kopf bei Applikation von 85 dB festgestellt, eine spezifische Reaktionsform ist jedoch in dieser Struktur nicht erkennbar.

II. Faktor: 'Ausmaß der Vasokonstriktion am Kopf bei 100 dB'

Dieser Faktor erklärt 9% der systematischen Varianz und repliziert praktisch den 1. Faktor für 100 dB, jedoch mit umgekehrten Vorzeichen. Das bedeutet, daß im Gegensatz zur 85 dB-Reaktion eine Pulsamplituden-Ver-ringerung bei 100 dB feststellbar ist. Dieser Unterschied zwischen den beiden Reaktionsarten weist darauf hin, daß mit Hilfe der Kopfpuls-Ampli-tude eine Differenzierung zwischen Orientierungs- und Defensivreaktionen möglich wird. Folgende Variablen sind für diesen Faktor relevant:

- (1) Mittelwert der Amplitude bei 100 dB (-.89)
- (2) Reaktionsbetrag bei 100 dB (-.69)
- (3) Mittelwert der Amplitude in Ruhe (0.67)
- (4) Minimalreaktion bei 100 dB (-.66)

III. Faktor: 'Variabilität der Kopfpuls-Amplitude bei 100 dB'

Dieser Faktor erklärt 7% der systematischen Varianz und wird vorwiegend durch drei Variablen gekennzeichnet:

- (1) Variabilität der Amplitude bei 100 dB (0.88)
- (2) Maximalreaktion bei 100 dB (0.78)
- (3) Reaktionstiefe bei 100 dB (0.58)

Es ist nicht auszuschließen, daß dieser Faktor im wesentlichen das Aus-maß und die Dauer der Kopfbewegung bei der Beschallung durch das Rauschen von 100 dB.beschreibt, denn die Varianz der Kopfpuls-Amplitude ist be-sonders bei 100 dB äußerst stark, so daß Bewegungsartefakte in diesen Daten befürchtet werden müssen.

IV. Faktor: 'Ausmaß der Kopfpuls-Amplitudenänderung bei 100 dB'

Dieser Faktor erklärt 5% der Varianz und zeigt keine klare Reaktionsstruk-tur:

- (1) Mittelwert der Amplitude nach Aufhören von 85 dB (-.68)
- (2) Reaktionsbetrag bei 100 dB (0.48)
- (3) Unmittelbare Reaktion bei 100 dB (0.46)

Interessant an dieser Variablenkonstellation ist die Tatsache, daß im Gegensatz zum Faktor II eine Abhängigkeit der Kopfpuls-Amplitude bei 100 dB auch vom unmittelbar vorausgehenden Ruhe festgestellt wird, während sich der Reaktionsbetrag im 2. Faktor nur als Differenz zum Mittelwert der ersten Ruhephase ergibt.

V. Faktor: 'Anstieg der Kopfpuls-Amplitude bei 85 dB'

Dieser Faktor erklärt nur 4% der systematischen Varianz, weist jedoch auf einen spezifischen Reaktionsaspekt hin, der im Faktor I noch nicht enthalten ist:

- (1) Trend des Amplitudenverlaufs bei 85 dB (0.70)
- (2) Zeitpunkt der Maximalreaktion bei 85 dB (0.63)
- (3) Initialreaktion der Amplitude bei 85 dB (-.57)

Diese Variablenkonstellation beschreibt eine Reaktionsform, die bei hohem Ausprägungsgrad innerhalb der 85 dB-Phase zunächst mit einem kurzfristigen Amplitudenabfall zu Beginn des Geräusches, dann jedoch mit einem kontinuierlichen Anstieg und einem späten Erreichen der Maximalreaktion der Amplitude verbunden ist.

VI. Faktor: 'Änderung der Kopfpuls-Amplitude bei 100 dB'

Dieser Faktor erklärt auch nur 4% der Varianz und stellt im wesentlichen eine Replikation des 5. Faktors für das 100 dB-Geräusch dar, wobei jedoch die gleichen Vorzeichen bei den Ladungen, die die Richtung der Amplitudenänderung angeben, erscheinen, also eigentlich einen Anstieg der Kopfpuls-Amplitude auch bei 100 dB anzeigen, obwohl diese Reaktion selten ist:

- (1) Trend der Amplitude bei 100 dB (0.70)
- (2) Zeitpunkt der Maximalreaktion bei 100 dB (0.60)
- (3) Initialreaktion bei 100 dB (-.57)

Art und Bedeutung dieses Faktors entsprechen zwar formal dem 5. Faktor, erscheinen jedoch unplausibel.

VII. Faktor: 'Andauern der Kopfpulsreaktion nach Abschalten von 85 dB'

Dieser Faktor kann 5% der systematischen Varianz aufklären, obwohl er nur durch zwei Variablen determiniert wird:

- (1) Reaktionstiefe nach Abschalten von 85 d (0.57)
- (2) Mittelwert der Amplitude nach Abschalten 85 dB (0.54)

Auch die übrigen schwächeren Faktorladungen weisen in diese Richtung, und man kann diese Variablenkombination ohne Mühe als Reflektion der Nachwirkungen des 85 dB-Geräusches interpretieren.

VIII. Faktor: 'Stabilität der Kopfpulsamplitude gegenüber 85 dB'

Dieser Faktor umfaßt 6% der systematischen Varianz und ist eine formale Umkehrung des 3. Faktors, der die Variabilität der Kopfpuls-Amplitude bei 100 dB beschreibt. Der Stabilitätsfaktor besteht überwiegend aus 3 Komponenten:

- (1) Variabilität der Amplitude bei 85 dB (-.88)
- (2) Maximalreaktion bei 85 dB (-.78)
- (3) Reaktionstiefe bei 85 dB (-.52)

Wieweit auch bei diesem Faktor Bewegungsartefakte eine Rolle spielen, ist offen - normalerweise wurde bei 85 dB keine Kopfbewegung beobachtet.

(d) Der Muskeltonus

Die Analyse der Muskeltonus-Variablen erbrachte eine ebenso reiche Reaktionsvielfalt wie die der Kopfpulsvariablen. Es ergaben sich 8 Faktoren, die jedoch sämtlich geringen Erklärungswert haben.

I. Faktor: 'Anstieg des Muskeltonus bei 85 dB'

Diese Reaktionsform ist für 7% der systematischen Varianz der Muskeltonusvariablen verantwortlich und deutlich abhängig vom stabilsten Ruhe-Aus-

gangswert:

- (1) Mittelwert des Tonus bei 85 dB (0.85)
- (2) Reaktionsbetrag bei 85 dB (0.79)
- (3) Minimalreaktion bei 85 dB (0.68)
- (4) Mittlerer Tonus in Ruhe (-.47)

Dieser Faktor beschreibt die generelle Tendenz des Muskeltonus, bei Applikation eines Geräusches anzusteigen, ist jedoch unabhängig von speziellen Reaktionsformen, wie zum Beispiel von Initialreaktionen oder der Reaktionsgeschwindigkeit.

II. Faktor: 'Anstieg des Muskeltonus bei 100 dB'

Dieser Faktor erklärt 8% der systematischen Varianz und ist nicht einfach eine Replikation des 1. Faktors für 100 dB, sondern impliziert eine größere Reaktionsgeschwindigkeit:

- (1) Reaktionsbetrag des Tonus bei 100 dB (0.90)
- (2) Mittlerer Tonus bei 100 dB (0.72)
- (3) Unmittelbarer Reaktionsbetrag bei 100 dB (0.70)
- (4) Initialreaktion zu Beginn 100 dB-Phase (0.57)

Diese Reaktionsform gegenüber 100 dB erscheint fast rechteckig mit Beginn des 100 dB-Rauschens einzusetzen und nicht weiter zu steigen. Man könnte denken, daß die Darbeitung von 100 dB einen Tonusmechanismus eingeschaltet habe, der während der gesamten Schalldarbietung bestehen bleibt.

III. Faktor: 'Stabilität des Muskeltonus gegenüber 100 dB-Schall'

Dieser Faktor kann 8% der systematischen Varianz erklären und stellt einen Gegenpol zum 2. Faktor dar:

- (1) Variabilität bei 100 dB (-.89)
- (2) Maximalreaktion bei 100 dB (-.85)
- (3) Reaktionstiefe bei 100 dB (-.65)

Hier zeigt sich, daß selbst bei Applikation von 100 dB eine hohe Stabilität des Muskeltonus, verbunden mit geringen Abweichungen vom Ausgangswert und entsprechend geringer Reaktionstiefe eine systematische Reaktionsform ist, die vom allgemeinen Anstieg des Muskeltonus bei Geräuschen zu unterscheiden ist.

IV. Faktor: 'Höhe des Muskeltonus in Ruhe'

Dieser Faktor erklärt 7% der systematischen Varianz und besteht inhaltlich aus relativ heterogenen Variablen, deren Interpretation nicht eindeutig gelingt:

- (1) Mittelwert des Muskeltonus in Ruhe (0.72)
- (2) Mittelwert des Tonus nach 85 dB (-.72)
- (3) Minimalreaktion bei 100 dB (-.56)
- (4) Mittelwert des Muskeltonus bei 100 dB (-.56)

Diese Variablenkombination beschreibt im wesentlichen die Abhängigkeit des Tonus in der Ruhepause nach 85 dB von der Höhe des Tonus vor 85 dB.

V. Faktor: 'Variabilität des Muskeltonus bei 85 dB'

Dieser Faktor erklärt 7% der systematischen Varianz und ist so eindeutig, daß schon 2 Variablen zu seiner Beschreibung genügen, alle übrigen Variablen haben Ladungen unter .50:

- (1) Variabilität des Muskeltonus bei 85 dB (0.87)
- (2) Maximalreaktion des Muskeltonus bei 85 dB (0.84)

Es ist möglich, daß dieser Faktor nur das systematische Auftreten von Artefakten durch Handbewegungen bei 85 dB reflektiert. Dies ist jedoch insofern unwahrscheinlich, als die Motorik bei 85 dB nicht sehr stark gestört wurde.

VI. Faktor: 'Kurzfristige Muskeltonusreaktion bei 85 dB'

Nur 4% der Varianz werden durch diese Reaktionsform erklärt, die über-

wiegend durch 3 Variablen charakterisiert wird:

- (1) Initialreaktion in den ersten 1.5 sec bei 85 dB (-.60)
- (2) Trend des Muskeltonus bei 85 dB (0.46)
- (3) Reaktionstiefe der Tonusreaktion bei 85 dB (-.43)

Diese Variablenkonstellation beschreibt eine differenziertere Reaktionsform, die vor allem durch eine kurzfristige Tonusverringernng beim Einsetzen des Geräusches, einen mäßigen Tonusanstieg danach und durch eine relativ geringe Reaktionstiefe gekennzeichnet ist.

VII. Faktor: 'Langfristiger Anstieg des Muskeltonus bei 100 dB'

Auch dieser Faktor kann nur 4% der Varianz der Tonusvariablen aufklären. Er beschreibt eine Reaktionsform, die vor allem durch einen über die gesamte 100 dB-Rauschphase anhaltenden Reaktionsanstieg gekennzeichnet ist:

- (1) Trend des Muskeltonus bei 100 dB (0.70)
- (2) Zeitpunkt der Maximalreaktion bei 100 dB (0.53)
- (3) Zeitpunkt der Minimalreaktion bei 100 dB (-.48)

Diese Reaktionsform steht im Gegensatz zum 2. Faktor, da hier ein eindeutiger Anstieg über die gesamte Rauschphase beschrieben wird, während es sich beim 2. Faktor eher um eine 'eingeschaltete' Tonuserhöhung handelt, die nicht weiter steigt.

VIII. Faktor: 'Andauern der Muskeltonusreaktion nach Abschalten von 85 dB'

Dieser Faktor erklärt ebenfalls nur 4% der systematischen Varianz der Tonusvariablen und wird vor allem durch 3 Momente gekennzeichnet:

- (1) Reaktionstiefe nach Abschalten von 85 dB (0.60)
- (2) Variabilität des Tonus nach 85 dB (0.58)
- (3) Trend des Muskeltonus nach 85 dB (-.46)

Es wird zwar durch das negative Vorzeichen der Trendvariable deutlich, daß der Muskeltonus nach Abschalten des Geräusches wieder abfällt, jedoch geschieht dies relativ langsam, und fast niemals erreicht der Tonus nach 85 dB wieder den Ruhe-Ausgangswert, so daß daraus eine relativ hohe Reaktionstiefe resultiert.

8.3.4 VARIABLEN ZUR 'KOMPLEXITÄT DES REAKTIONSVERHALTENS'

Bei der Konstruktion dieser Variablen wurde von einem anderen Konzept ausgegangen. Die teilweise ungünstigen Erfahrungen mit spezialisierten Variablen auf der Faktorebene veranlaßten uns, allgemeinere Variablen zu konstruieren, deren Zuverlässigkeit und Eindeutigkeit einerseits durch die Anzahl der zugrundeliegenden Einzelwerte, andererseits durch die Simplizität der mathematischen Konstruktion erhöht werden. Dazu wurde auf die Methode der Erstellung von Composite-Scores (CS) nach HORST (1936) zurückgegriffen, die auf der Basis von kovarianzgewichteten Mittelwerten arbeiten. Die in eine Composite-Variable eingehenden Einzelwerte werden nach inhaltlichen Gesichtspunkten ausgewählt, interkorreliert und entsprechend ihrer internen Kovarianz gewichtet (diejenige Variable, die am höchsten mit den anderen zum Composit ge- hörenden Rohwerten korreliert ist, erhält das höchste Gewicht bei der Mittelung der Variablen.

Inhaltlich abgrenzbare Bereiche ergaben sich für uns einerseits infolge der von uns konzipierten qualitativ unterschiedlichen Reaktionsformen, von denen wir glauben, daß sie dem Problem der Komplexität des Reaktionsverhaltens gerecht werden, andererseits durch die beiden Bedingungen 'Akustik ja/nein' bzw. 'kritischer vs. nicht-kritischer Reiz'. Daraus ergaben sich folgende 14 Kriteriums-Variablen:

- (1) Reaktionszeit bei RT-Versuch (Ruhe) (A_1)
- (2) Reaktionszeit bei RT-Versuch mit 85 dB (A_2)
- (3) Falsche Reaktionen bei Distraction o. Akustik (B_1)
- (4) Falsche Reaktionen bei Distraction m. Akustik (B_2)
- (5) Verpaßte Signale bei Distraction o. Akustik (B_3)
- (6) Verpaßte Signale bei Distraction m. Akustik (B_4)
- (7) Reaktionszeit bei Distraction o. Akustik (B_5)

- (8) Reaktionszeit bei Distraction m. Akustik (B_6)
- (9) Anzahl der Treffer bei Distraction o. Akustik (B_7)
- (10) Anzahl der Treffer bei Distraction m. Akustik (B_8)
- (11) Tracking-Fehler in Ruhe (C_1)
- (12) Tracking-Fehler Anfang 85 dB (C_2)
- (13) Tracking-Fehler bei 85 dB und schwieriger Aufgabe (C_3)
- (14) Tracking-Fehler in Ruhe nach 100 dB (C_4)

9. ERSTE ERGEBNISSE

9.1 STATISTISCHE SIGNIFIKANZ VS. RELEVANZ

Bei der vergleichsweise großen Stichprobe ($N = 357$) können wir beobachten, daß schon geringe Effekte signifikant werden, beispielsweise eine Korrelation von .11 (5%) bzw. .14 (1%), obwohl das eine Varianzdetermination von nicht einmal 2% bedeutet; oder einen t-Test, wo die Bestimmung des Ω^2 -Kriteriums einen Wert von unter 3% ergibt. Die Zurückweisung einer statistischen Nullhypothese besagt nicht, daß ein bedeutsamer Effekt gefunden wurde, bzw. die Beibehaltung spricht nicht zwangsläufig für einen unbedeutsamen Effekt.

Deshalb sollte nicht nur die statistische Signifikanz als Kriterium herangezogen werden, um die Frage zu klären, in wieweit eine psychologische Hypothese beibehalten oder zurückgewiesen werden soll. Leider aber wird in den empirischen Sozialwissenschaften immer wieder auf dieser Basis argumentiert. Wir plädieren dafür, zusätzlich die statistische Relevanz oder - wie BREDEKAMP (1972) formuliert - die 'praktische Bedeutsamkeit' - in die Betrachtung einzubeziehen. Die Problematik dieser Vorgehensweise liegt allerdings in der Entscheidung, wie abgeschätzt und entschieden werden soll, ob ein Effekt bedeutsam genug ist. Dazu bieten sich Maße der 'erklärten Varianz', 'Klassifikationsmaße' u.ä. an (Näheres s. BREDEKAMP 1972).

9.2 REDUKTION DES PRÄDIKTORSATZES

In den Variablensatz B wurden von uns letztlich 40 Variablen aufgenommen.⁺ (s. Tab. 9.1.)

⁺ Auf eine weitere Verwendung der von uns als Kontrollvariablen deklarierten Größen wurde verzichtet, da sich keine nennenswerten Kovariationen zum Prädiktor- als auch Kriteriumssatz ergaben (nähere Information beim Autor).

Um eine Überschätzung des Gesamtzusammenhanges zu vermeiden, war eine weitere Reduktion des Prädiktorsatzes notwendig (für den interessierten Leser verweisen wir in diesem Zusammenhang auf die Arbeit von DARLINGTON 1968). DARLINGTON schlägt verschiedene Kriterien für die Auswahl von Prädiktorvariablen vor. Die drei wichtigsten sind: (a) Eine Selektion auf Grund der Beta-Gewichte, (b) eine 'step-wise-regression-analysis' und (c) eine Faktorisierung der Prädiktorvariablen. Die dritte Möglichkeit schied für uns aus, daß ein großer Teil der Prädiktorvariablen durch IMAGE-Analysen mit nachfolgender Rotation nach dem VARIMAX-Kriterium entstanden waren. Die 'Unabhängigkeit' der Variablen verhinderte somit eine weitere Faktorisierung. Die erste skizzierte Möglichkeit schien uns gleichermaßen nicht angemessen, da die Ausscheidung von Variablen mit geringen Beta-Gewichten nicht zwangsläufig den geringsten Rückgang der Kriteriumsvorhersage bedeuten muß (s. dazu DARLINGTON 1968).

Zu der Methode der 'step-wise-regression-analysis' soll folgendes kurz vermerkt werden: Die zugrundeliegende Technik der iterativen multiplen Korrelation wurde von GREENBERGER & WARD (1956) entwickelt. Der Iterationsprozess beginnt mit der Selektion derjenigen Prädiktorvariablen, die die höchste Vorhersage des Kriteriums ermöglicht. Die zweite Iteration selektiert die Variable, die ein maximales Anwachsen der Vorhersage ermöglicht, sofern sie mit der ersten einen gemeinsamen Prädiktorsatz bildet. Die Zahl der durchzuführenden Iterationen wird durch ein vorzugebendes Abbruchkriterium bestimmt, welches sich aus einem nicht mehr 'sinnvollen' Zuwachs der Kriteriumsvorhersage ergibt.

Aufgrund der von uns durchgeführten Analysen kamen wir für die unterschiedlichen Analysen zu 14 Variablensätzen, die in Tabelle 9.2. dargestellt sind.

Tab.: 9.1. Liste des Variablensatzes B (bis auf die Variablen 36 und 37 handelt es sich jeweils um Factor-Scores)

Var. Nr.	Kurzbe- zeichnung	Variablenname
(1)	TSTL	Trend Stroop Lesegeschwindigkeit
(2)	TSTZ	Trend Stroop Zeit
(3)	TSTF	Trend Stroop Fehler
(4)	EMLA	Emotionale Labilität
(5)	STNT	Stimmung nach Test
(6)	STVT	Stimmung vor Test
(7)	NERV	Nervosität
(8)	MDD1	Motorische Desorganisation durch 100 dB
(9)	SMD8	Störung der Motorik durch 85 dB
(10)	AMGE	Andauern der motorischen Geräuschreaktion
(11)	GVAM	Gesamtvariabilität der Motorik
(12)	SLMD	Schnelle u. langfristige mot. Desorganisation
(13)	AVF1	Ausmaß der Vasokonstriktion Finger 100 dB
(14)	AVF8	Ausmaß der Vasokonstriktion Finger 85 dB
(15)	VFA1	Variabilität Fingerpulsamplitude 100 dB
(16)	DVKF	Dauer der Vasokonstriktion am Finger
(17)	REAF	Reaktionsgeschwindigkeit Fingerpuls
(18)	AVK8	Ausmaß Vasodilatation am Kopf 85 dB
(19)	AVK1	Ausmaß Vasodilatation am Kopf 100 dB
(20)	VKA1	Variabilität Kopfpulsamplitude 100 dB
(21)	AAK1	Ausmaß Amplitudenänderung Kopf 100 dB
(22)	LDK8	Langsamkeit Dilatation am Kopf 85 dB
(23)	LAK1	Langsamkeit Amplitudenänderung Kopf 100 dB
(24)	AKA8	Andauern Kopfpulsreaktion nach 85 dB
(25)	SKG8	Stabilität Kopfpuls gegenüber 85 dB
(26)	AMT1	Anstiegsbetrag Muskeltonus bei 85 dB
(27)	SAM1	Schneller Anstieg Muskeltonus 100 dB
(28)	SMG1	Stabilität Muskeltonus gegenüber 100 dB
(29)	EMGR	EMG Ruhetonus
(30)	VMT8	Variabilität Muskeltonus 85 dB
(31)	KMR8	Kurzfristige Muskeltonusreaktion 85 dB
(32)	LMA1	Langfristige Muskeltonus-Anstieg 100 dB
(33)	AMR8	Andauern Muskeltonusreaktion nach 85 dB
(34)	PVRE	Produktion verbaler Responses

(35)	PVRN	Produktion verbaler Responses nach Rauschen
(36)	GESH	Geschlecht
(37)	ALTR	Alter
(38)	SSWL	Stroop Schwarz-Weiss-Lesezeit
(39)	SFEH	Stroop Fehler
(40)	SZEI	Stroop Zeit

Tab.: 9.2. Variablensätze für 14 Analysen unterschiedlich komplexen Reaktionsverhaltens

A ₁	A ₂	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	B ₇	B ₈	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
1	1	2	1	4	14	1	1	13	2	2	1	1	5
2	2	4	2	6	16	2	5	15	3	4	3	4	6
4	4	6	3	15	17	4	6	16	7	6	4	5	7
5	5	13	4	16	18	5	13	17	13	7	7	6	13
6	13	25	7	18	19	6	16	18	14	13	14	7	16
13	17	27	14	21	21	7	17	21	16	15	15	13	19
16	18	28	20	24	25	13	19	24	17	16	17	14	23
19	19	30	21	25	28	17	22	25	18	17	25	15	25
20	22	31	22	26	31	19	25	26	21	20	28	16	27
22	24	34	25	28	33	21	27	27	22	21	29	17	28
24	29	35	26	31	34	22	29	28	24	22	30	18	30
29	35	37	27	32	35	25	34	31	25	27	31	19	31
32	36	39	28	33	37	27	35	32	28	28	32	23	32
33	38	40	34	34	38	29	36	33	30	29	33	25	33
35	40		35	35	40	35	37	35	31	30	34	27	35
36			36	37		36	38	36	32	31	35	29	36
37			37	38		37	39	37	33	33	37	30	37
38			38			38	40	38	35	35	40	32	38
40			39			39		39	37	36		33	40
			40			40		40	38	38		34	
									40	39		35	
										40		36	
												37	
												39	

9.3 MULTIPLE KORRELATIONSANALYSEN

Bevor wir uns an eine inhaltliche Interpretation und Gegenüberstellung der einzelnen Analysen machen, wollen wir zusätzlich ein relativ grobes Schema als Hilfestellung einführen. Erinnern wir uns an die eingangs formulierte These. Wir erwarten für die drei unterschiedlichen Komplexitätsgrade (A,B und C) differierende Hierarchien von Personvariablen. Da wir gleichzeitig in den drei Kategorien mehrere Kriteriumsalternativen anbieten, erwarten wir zusätzlich eine größere intrakategoriale als inter-kategoriale Ähnlichkeit. Das heißt, für die Kriterien A_1/A_2 erwarten wir eine stärkere Ähnlichkeit (+) als für die Gegenüberstellung A_1/B_1 (-) oder A_1/C_1 (-) etc; gleichermaßen allerdings eine hohe Ähnlichkeit für B_1/B_2 (+) etc. (s. Tab. 9.3.). Wir wollen an dieser Stelle auf statistische Indices für die Ähnlichkeit verzichten und nur deskriptiv vorgehen.

Tab.: 9.3. Matrix der erwarteten Ähnlichkeit

$((A(I), I=1,2),$ $J=1,2)$ (+)	$((A(I), B(J), I=1,2),$ $J=1,8)$ (-)	$((A(I), C(J), I=1,2),$ $J=1,4)$ (-)
$((B(I), A(J), I=1,8),$ $J=1,2)$ (-)	$((B(I), B(J), I=1,8),$ $J=1,8)$ (+)	$((B(I), C(J), I=1,8),$ $J=1,4)$ (-)
$((C(I), A(J), I=1,4),$ $J=1,2)$ (-)	$((C(I), B(J), I=1,4),$ $J=1,8)$ (-)	$((C(I), C(J), I=1,4),$ $J=1,4)$ (+)

Teilweise ist diese Information auch aus der Korrelationsmatrix der 14 Kriteriumsvariablen (Tab. 9.4) ersichtlich. Hier erwarten wir für die Diagonalfelder durchschnittlich höhere Korrelationen als für die nicht-diagonalen Felder. Eine Erwartung, die auch zum größten Teil bestätigt wird.

Es sei an dieser Stelle vermerkt, daß zusätzlich die gleichen Kriteriums-vorhersagen für zwei Zufallsstichproben (ODD/EVEN) sowie Kreuzkorrela-tionen gerechnet wurden. Dabei wurden die nicht-standardisierten Ge-wichte der Stichprobe A mit den Rohwerten der Stichprobe B und umge-kehrt multipliziert und aufsummiert. Die daraus resultierenden Korre-lationskoeffizienten (KV_{AB} und KV_{BA}) sind gleichermaßen aus den weiter- unten aufgeführten Tabellen ersichtlich.

Tab.: 9.4. Korrelationsmatrix der 14 Kriteriumsvariablen

	A ₁	A ₂	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	B ₇	B ₈	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
A ₁	--													
A ₂	80	--												
B ₁	-13	-11	--											
B ₂	-06	-04	54	--										
B ₃	19	22	-22	-13	--									
B ₄	19	20	-27	-17	68	--								
B ₅	42	42	-28	-23	29	33	--							
B ₆	44	42	-26	-27	29	31	83	--						
B ₇	-20	-21	18	09	-93	-64	-32	-26	--					
B ₈	-16	-18	23	11	-62	-85	-30	-27	67	--				
C ₁	16	10	01	-01	10	14	13	12	-07	-13	--			
C ₂	03	03	-00	-02	11	-01	-01	-01	-06	-00	-06	--		
C ₃	-11	-10	-03	01	-1	-05	07	-00	01	04	-22	33	--	
C ₄	08	07	-10	01	01	-01	15	10	-03	03	-20	01	-14	--

Wenn wir im folgenden die 14 multiplen Korrelationsanalysen auf ihre 'Brauchbarkeit' hin besprechen, tun wir es unter 3 Gesichtspunkten:

- (1) Die multiple Korrelation muß sowohl in der Gesamt-, wie auch in den Zufallsstichproben mindestens am 1% Niveau signifikant sein.
- (2) Die erklärte Varianz sollte bei ca. 20% liegen.
- (3) Die Prädiktorhierarchie in den Zufallsstichproben sollte der der Gesamtstichprobe weitgehend äquivalent sein, was sich in einem entsprechend hohen Koeffizienten der Kreuzvalidierung ausdrücken muß.

Im folgenden Abschnitt gehen wir nur auf die Ergebnisse ausführlich ein, die den von uns formulierten Anforderungen entsprechen (5 Analysen). Eine Darstellung der restlichen (9 Analysen) Ergebnisse ist aus dem Anhang ersichtlich.

9.3.1 EINFACHE REAKTIONSZEITEN ALS KRITERIUMSVARIABLEN

Tab.: 9.5. Multiple Korrelation mit 'Reaktionszeit bei RT-Versuch (Ruhe)' als Kriterium (A_1)

Prädiktor-Kurzbezg.	Korr. m. Kriterium	standardisierte Gesamt	Beta-Gewichte Even	Odd
TSTL	-0.10	-.06	-.10	-.02
TSTZ	0.05	.04	.01	.01
EMLA	0.06	.07	.08	.07
STNT	-0.10	-.08	-.06	-.10
STVT	-0.06	.04	.01	.01
AVT1	-0.12	-.09	-.08	-.09
DVKF	-0.08	-.04	-.05	-.07
AVK1	0.04	.06	.06	.03
VKA1	0.07	.05	.15	.01
LDK8	-0.11 ⁺	-.10	-.23	-.07
AKA8	-0.10 ⁺	-.10	-.01	-.23
EMGR	0.14 ⁺	.14	.15	.08

+ signifikant am 5% Niveau

LMA1	-0.03	.04	.15	-.04
AMR8	-0.02	-.06	-.09	-.02
PVRN	0.05	-.01	.04	-.04
GESH	0.37 ⁺⁺	.31	.19	.40
ALTR	0.07	-.03	-.05	-.05
SSWL	0.33 ⁺⁺	.30	.18	.39
SZEI	0.04	-.08	-.08	-.04

$R_{ges} = .5501$	$RSQ_{ges} = .3026$	$p = .0000$
$R_{ev} = .5333$	$RSQ_{ev} = .2844$	$p = .0001$
$R_{odd} = .6542$	$RSQ_{odd} = .4280$	$p = .0000$
$KV_{AB} = .6981$	$KV_{BA} = .9901$	

Tab.: 9.6. Multiple Korrelation mit 'Reaktionszeit bei RT-Versuch mit 85 dB' als Kriterium (A_2)

Prädiktor-Kurzbezug.	Korr. m. Kriterium	standardisierte Gesamt	Beta-Gewichte Even	Odd
TSTL	-0.11 ⁺	-.09	-.05	-.10
TSTZ	0.06	.05	.07	.01
EMLA	0.13 ⁺	.13	.15	.13
STNT	-0.13 ⁺	-.11	-.10	-.10
AVF1	-0.12	-.08	-.07	-.07
REAF	0.04	.06	.08	.01
AVK8	0.05	.04	.06	.03
AVK1	-0.01	.04	.03	.03
LDK8	-0.10	-.10	-.16	-.07
AKA8	-0.06	-.07	.01	-.16
EMGR	0.11 ⁺	.12	.13	.11
PVRN	0.05	-.01	.06	-.05
GESH	0.38 ⁺⁺	.31	.24	.37
SSWL	0.27 ⁺⁺	.24	.18	.30
SZEI	-0.08	-.10	-.12	-.12

++ signifikant am 1% Niveau

$R_{ges} = .5312$	$RSQ_{ges} = .2821$	$p = .0000$
$R_{ev} = .5385$	$RSQ_{ev} = .2899$	$p = .0000$
$R_{odd} = .5695$	$RSQ_{odd} = .3244$	$p = .0000$
$KV_{AB} = .8455$	$KV_{BA} = .9908$	

Wenn man davon ausgeht, daß die beiden Kriterien A_1 und A_2 sehr stark miteinander korreliert sind (s. Tab. 9.4.), verwundert es nicht, daß in beiden Fällen praktisch dieselben Variablen zur Vorhersage beitragen. Es sind in beiden Fällen die Variablen 'Geschlecht' der Versuchspersonen und die 'Schwarz-Weiß-Lesezeit beim Stroop', das 'EMG in Ruhe' und für den Zusammenhang mit dem Kriterium A_2 auch noch die 'Emotionale Labilität'. In beiden Zufallsstichproben machen die gleichen Variablen den größten Teil des Zusammenhanges aus, und auch die Koeffizienten der Kreuzvalidierung liegen mit .69 bis .99 sehr hoch, so daß wir die Zuverlässigkeit dieser Ergebnisse als gesichert ansehen.

Der erklärte Varianzanteil liegt in beiden Fällen bei ca. 30%; eine Größenordnung, die für den Bereich der Sozialwissenschaften als zufriedenstellend angesehen werden muß.

9.3.2 ANALYSEN FOR KRITERIEN DES DISTRAKTIONS-EXPERIMENTS

Für die Kriterien 'Falsche Reaktionen bei Distraction ohne (B_1) und mit (B_2) Akustik' leisten die Variablen 'Alter' und 'Stabilität der Kopfpulsreaktion bei 85 dB' in beiden Fällen einen hohen Vorhersagebeitrag. Im Fall B_2 sind es zusätzlich die Variablen 'Variabilität des Muskeltonus bei 85 dB' sowie der 'schnelle Anstieg des Muskeltonus bei 100 dB', die beachtet werden sollten.

Wir sehen für diese beiden Variablensätze nicht die gleiche homogene Hierarchie für die Vorhersagevariablen (s. Tab. 9.7. und 9.8.). wie bei A_1 und A_2 ; dabei ist zu beachten, daß die beiden Kriterien nur mit .54 korreliert sind; d.h. ca. 70% der Varianz sind nicht gemeinsam.

Die Stabilität der beiden Analysen dürfte als abgesichert angesehen werden, denn für die Zufallsstichproben lassen sich die gleichen Variablen mit neuen Beta-Gewichten identifizieren, wie für die Gesamtstichprobe. Die Kreuzvalidierungen bewegen sich bei Werten zwischen .62 und .70 auch noch in einem annehmbaren Rahmen.

Tab.: 9.7. Multiple Korrelation mit 'Falsche Reaktionen bei Distraction ohne Akustik' als Kriterium (B_1)

Prädiktor-Kurzbezug.	Korr. m. Kriterium	standardisierte Gesamt	Beta-Gewichte Even	Odd
TSTZ	-0.07	-.07	-.02	-.05
EMLA	-0.03	.00	-.03	-.05
STVT	0.01	.02	-.07	-.01
AVF1	0.05	.10	.17	.02
SKG8	-0.10	-.14	-.07	-.18
SAM1	-0.14 ⁺⁺	-.12	-.21	-.02
SMG1	-0.05	-.06	-.07	-.01
VMT8	-0.13 ⁺	-.14	-.11	-.15
KMR8	-0.01	.07	-.01	.15
PVRE	0.09	.10	.09	.12
PVRN	0.07	.08	.12	.03
ALTR	0.21 ⁺⁺	.16	.20	.14
SFEH	0.05	.06	-.02	.14
SZEI	-0.14 ⁺⁺	-.10	-.07	-.10

$R_{ges} = .4158$	$RSQ_{ges} = .1729$	$p = .0000$
$R_{ev} = .4370$	$RSQ_{ev} = .1910$	$p = .0056$
$R_{odd} = .4687$	$RSQ_{odd} = .2197$	$p = .0010$
$KV_{AB} = .7023$	$KV_{ba} = .7046$	

Tab.: 9.8. Multiple Korrelation mit 'Falsche Reaktionen bei Distraction mit Akustik' als Kriterium (B_2)

Prädiktor- Kurzbezug.	Korr. m. Kriterium	standardisierte Gesamt	Beta-Gewichte	
			Even	Odd
TSTL	-0.06	-.04	-.06	-.03
TSTZ	0.03	.06	.03	.08
TSTF	0.02	.04	.05	.03
EMLA	-0.07	-.04	-.10	.00
NERV	0.03	-.03	.04	-.11
AVF8	-0.02	.03	.09	-.02
VKA1	-0.11 ⁺	-.10	-.12	-.06
AAK1	0.01	.06	.08	.03
LDK8	0.03	.04	.12	-.01
SKG8	-0.08	-.11	-.11	-.15
AMT1	-0.02	-.04	-.12	.03
SAM1	-0.11 ⁺	-.08	-.08	-.06
SMG1	-0.04	-.06	-.06	-.09
PVRE	0.02	.04	-.01	.07
PVRN	0.07	.05	.05	.05
GESH	-0.05	-.06	-.02	-.10
SLTR	0.28 ⁺⁺	.20	.21	.21
SSWL	0.13 ⁺	.05	.06	.02
SFEH	0.09	.06	.00	.14
SZEI	-0.20 ⁺⁺	-.09	-.19	-.01

$R_{ges} = .4309$	$RSQ_{ges} = .1857$	$p = .0000$
$R_{ev} = .4767$	$RSQ_{ev} = .2273$	$p = .0176$
$R_{odd} = .4762$	$RSQ_{odd} = .2268$	$p = .0180$
$KV_{AB} = .6583$	$KV_{BA} = .6239$	

9.3.3. KRITERIUMSVORHERSAGE DER TRACKING-AUFGABE

Von den 4 Analysen zum Tracking-Versuch müssen 3 auf Grund der von uns gestellten Anforderungen als 'ungenügend' bezeichnet werden (s. Anhang). Dies zeigt sich sowohl für den Prozentsatz erklärter Varianz als auch in den niedrigen Koeffizienten der Kreuzvalidierungen, die wir als Hinweis für uneinheitliche Prädiktorstrukturen werten müssen.

Einzig die Analyse C₁ erbringt für alle drei Samples eine relativ stabile Struktur sowie einen statistisch gut abgesicherten Varianzanteil von annähernd 19% (s. Tab. 9.9.).

Tab.: 9.9. Multiple Korrelation mit 'Tracking-Fehler in Ruhe' als Kriterium

Prädiktor- Kurzbezug.	Korr. m. Kriterium	standardisierte Gesamt	Beta-Gewichte Even	Beta-Gewichte Odd
TSTZ	0.04	.07	.12	.05
EMLA	0.10	.13	.13	.12
STVT	0.07	.06	.12	.02
NERV	-0.09	-.13	-.08	-.20
AVF1	-0.04	-.04	.00	-.08
VFA1	0.05	.02	-.02	.08
DVKF	-0.09	-.11	-.20	-.10
REAF	-0.09	-.09	-.13	-.03
VKA1	-0.12 ⁺	-.09	-.04	-.13
AAK1	-0.07	-.04	-.01	-.10
LDK8	-0.11 ⁺	-.05	.01	-.12
SAM1	0.12 ⁺	.18	.23	.08
SMG1	0.13 ⁺	.13	.24	.04
EMGR	-0.13 ⁺	-.11	-.15	-.13
VMT8	-0.06	-.06	.00	-.13
KMR8	-0.14 ⁺⁺	-.09	-.17	-.06
AMR8	0.04	.06	.07	.05
PVRN	0.04	.01	.02	-.03
GESH	-0.03	-.05	-.11	-.01

SSWL	0.13 ⁺	.14	.19	.11
SFEH	0.08	.05	.05	.02
SZEI	-0.08	-.05	-.01	-.09

$R_{ges} = .4311$	$RSQ_{ges} = .1858$	$p = .0000$
$R_{ev} = .4917$	$RSQ_{ev} = .2417$	$p = .0056$
$R_{odd} = .4773$	$RSQ_{odd} = .2278$	$p = .0120$
$KV_{AB} = .5877$	$KV_{BA} = .6452$	

9.3.4 ZUSAMMENFASSENDE DARSTELLUNG DER ERGEBNISSE

12 Variablen erfüllen letztlich die von uns geforderten statistischen Kriterien und sollen bei den abschließenden Betrachtungen Berücksichtigung finden (s. Tab. 9.10.).

Tab.: 9.10. Relevante Prädiktoren für 5 Kriterien

Var.Nr.	Variablenkurzbezeichnung	A ₁	A ₂	B ₁	B ₂	C ₁
4	EMLA	-	+	-	-	+
7	NERV	-	-	-	-	+
16	DVKF	-	-	-	-	+
20	VKA1	-	-	-	+	-
25	SKG8	-	-	+	+	-
27	SAM1	-	-	+	-	+
28	SMG1	-	-	-	-	+
29	EMGR	+	+	-	-	+
30	VMT8	-	-	+	-	-
36	GESH	+	+	-	-	-
37	ALTR	-	-	+	+	-
38	SSWL	+	+	-	-	+

Für die Kriterien A_1 und A_2 sind es in erster Linie folgende Variablen, die den Zusammenhang ausmachen (s. Beta-Gewichte Tab. 9.5. und 9.6.):

- (1) Das Geschlecht der Versuchspersonen (GESH)
- (2) Die STROOP-Schwarz-Weiss-Lesezeit (SSWL)
- (3) Der Ruhetonus im EMG (EMGR)
- (4) Die emotionale Labilität (EMLA)

Das heißt: Wir beobachten eine systematische Interdependenz zwischen kurzen Reaktionszeiten und männlichen Versuchspersonen bzw. längere Reaktionszeiten und weiblichen. Gleichzeitig besteht eine systematische Abhängigkeit zwischen kurzen Reaktionszeiten und einer geringeren Lesezeit bei der Schwarz-Weiss-Version im STROOP-Test und einer geringeren Veränderung des Muskeltonus in Ruhe. Zusätzlich beobachten wir eine Interdependenz zwischen der Länge der Reaktionszeit und dem Ausmaß der 'emotionalen' Labilität' der Versuchspersonen; längere Reaktionszeiten kovariieren mit einer stärkeren, kürzere eher mit einer schwächeren Ausprägung auf dieser Dimension, sofern die Reaktion unter einem 85 dB starken Rauschen erfolgt.

Betrachten wir die vorliegenden Prädiktoren hinsichtlich der von uns zuvor formulierten Arbeitshypothesen, so haben wir es bei den Kriterien A_1 und A_2 mit der von uns definierten geringsten Ausprägung der Komplexität zu tun. Wir erwarten keine, bzw. eine nur schwache Determination durch Indices eines Orientierungsverhaltens. Wir konstatieren, daß keine der 4 Variablen im Sinne der von uns verstandenen Orientierungsreaktionen gesehen werden kann. Die einzige physiologische Variable, der Ruhetonus im EMG, deutet eher auf einen individuellen Grundzustand der Person hin, als ein durch bestimmte Außenreize 'provoziertes' Orientierungsverhalten.

Weiterhin sollte beachtet werden, daß das Beta-Gewicht der Variablen 'Ruhetonus im EMG' in Relation zu den Gewichten der restlichen relevanten Variablen sowohl in A_1 als auch in A_2 stark abfällt.

Die Tracking-Aufgabe stellt für uns einen mittleren Ausprägungsgrad an Komplexität dar. Dementsprechend erwarten wir für das Kriterium C_1 neben Variablen, die wir als stark kovariierend mit den Kriterien A_1 und

A_2 identifizierten, auch eine teilweise Interdependenz mit Indices für Orientierungsverhalten.

Folgende Variablen lassen sich aufgrund der Beta-Gewichte identifizieren:

- (1) Emotionale Labilität (EMLA)
- (2) Nervosität (NERV)
- (3) Dauer der Vasokonstriktion am Finger (DVKF)
- (4) Schneller Anstieg des Muskeltonus bei 100 dB (SAM1)
- (5) Stabilität des Muskeltonus gegenüber 100 dB (SMG1)
- (6) EMG Ruhetonus (EMGR)
- (7) STROOP Schwarz-Weiss-Lesezeit (SSWL)

Der erste Teil unserer Annahme scheint eindeutig erfüllt. Wir erkennen, daß bis auf die Variable Geschlecht, die gleichen Prädiktoren wie für A_1 und A_2 auftreten. Es besteht eine Interdependenz zwischen größerer Fehlerzahl im Tracking-Versuch einerseits und einer stärkeren Labilität, geringerem Ruhetonus im EMG sowie einer längeren Bewältigung der Schwarz-Weiss-Version im STROOP-Test andererseits. Zusätzlich beobachten wir eine Kovariation zwischen dem Ausmaß der Nervosität und der Anzahl der Fehler in dem Sinn, daß wir bei größerer Nervosität eine größere Anzahl von Fehlern beobachten.

Innerhalb der von uns als relevant deklarierten Variablen lassen sich aber auch - gemäß dem zweiten Teil unserer Annahme- Indices für Orientierungsreaktionen nachweisen. Personen mit einer größeren Fehlerzahl im Tracking-Versuch zeigen eher Veränderungen der Vasokonstriktion am Finger und eine größere Stabilität des Muskeltonus bei 100 dB als Personen mit einer geringeren Anzahl von Fehlern.

Gemäß unseren Annahmen über den Zusammenhang zwischen Komplexität des Reaktionsverhaltens einerseits und Orientierungsreaktionen andererseits, erwarten wir für das Distractionsexperiment bzw. die Kriterien B_1 und B_2 eine eindeutige Interdependenz mit physiologischen Indices und gleichzeitig einen Fortfall relevanter Variablen, die mit weniger komplexen Kriterien kovariieren. Es sind in erster Linie 4 Variablen, die die Interdependenz mit dem Kriterium 'Falsche Reaktionen bei Distrak-

tion ohne und mit Akustik' ausmachen:

- (1) Das Alter der Versuchspersonen (ALTR)
- (2) Variabilität des Muskeltonus (VMTS)
- (3) Schneller Anstieg des Muskeltonus bei 100 dB (SAM1)
- (4) Stabilität der Kopfpulsreaktion gegenüber 85 dB (SKG8)

Sieht man einmal von der Variablen 'Alter' ab (die Kovariation mit physiologischen Indices liegt auf der Hand), so identifizieren wir nur Variablen, die eindeutig im Sinne eines Orientierungsverhaltens zu interpretieren sind. Es besteht eine Interdependenz zwischen der Anzahl der Falschen Reaktionen im Distractionsexperiment und dem Alter der Versuchspersonen; gleichzeitig beobachten wir eine geringere Variabilität des Muskeltonus bei 85 dB und einen langsameren Anstieg des Muskeltonus bei Personen mit relativ häufigen falschen Reaktionen sowie eine geringe Stabilität der Kopfpulsreaktion bei 85 dB.

Variabilität bzw. Anstieg des Muskeltonus als auch die Kopfpulsreaktion liefern uns, wie wir weiter oben aufgezeigt haben, eindeutig Hinweise auf Orientierungsverhalten.

9.4 MÖGLICHE MODERATOREN DES REAKTIONSVERHALTENS

9.4.1 ALTER UND GESCHLECHT ALS MODERATOREN

Schon eine kurze Betrachtung der Tabelle 9.11. zeigt uns, daß die 'klassischen' Moderatorvariablen Alter und Geschlecht der Versuchspersonen keine zusätzlichen Hinweise zur Klärung einer differenzierteren Betrachtungsweise liefern können. Die Variable Alter mag zwar bei bivariaten Fragestellungen ohne Zweifel als Moderator wirken (s. S.56 ff), doch läßt sich dies im Rahmen einer multiplen Prädiktion mit unseren Daten nicht replizieren. Zwar sind die erklärten Varianzanteile für die Stichprobe der älteren Personen größer und weitaus systematischer als im Vergleich zu jüngeren Probanden, doch verbietet sich uns eine weitergehende Interpretation, wenn wir die Unterschiede der Korrelationskoeffizienten betrachten, die durchweg zufällig sind (s. Tab.9.11.)

Tab.: 9.11. Geschlecht und Alter als Moderatoren
von 5 unterschiedlichen Reaktionskriterien

	männlich N = 169		weiblich N = 188		$/z_1 - z_2/$	jung N = 198		alt N = 159		$/z_1 - z_2/$
	r	p	r	p		r	p	r	p	
A ₁	.41	.03	.51	.00	0.12	.34	.11	.45	.00	0.14
A ₂	.49	.01	.51	.00	0.02	.35	.43	.50	.01	0.19
B ₁	.52	.00	.47	.00	0.07	.41	.02	.50	.00	0.12
B ₂	.47	.00	.45	.00	0.02	.36	.10	.49	.00	0.16
C ₁	.44	.08	.52	.00	0.11	.44	.02	.51	.01	0.09

9.4.2 INTERSENSORISCHE FACILITATION ALS MODERATOR

Die Annahme einer Moderierung des Reaktionsverhaltens durch die intersensorische Facilitation (IF) einer Person leitet sich für uns aus der Tatsache ab, daß es sich bei der IF um eine teilweise differentiell-psychologisch determinierte Variable handelt. Diese Annahme wird durch eigene Ergebnisse gestützt. Die multiple Korrelation zwischen der IF der Probanden (der Score resultiert aus der individuellen Differenz zwischen RT bei visuellen kurzen Stimuli ohne Akustik und RT bei visuellen kurzen SLimuli mit vorangegangener akustischer Information) und Personenvariablen (TSTL, TSTZ, TSTF, EMLA, STNT, NERV, SSWL, SFEH, SZEI) beträgt 0.2588.

Teilt man die Gesamtstichprobe in Personen mit hoher und niedriger IF, so erhalten wir die in Tabelle 9.12. dargestellten multiplen Korrelationen.

Tab.:9.12. Intersensorische Facilitation als Moderator für 5 unterschiedliche Reaktionskriterien

	hohe IF N = 168		niedrige IF N = 189		$/z_1 - z_2/$
	r	p	r	p	
A ₁	.59	.00	.55	.00	0.06
A ₂	.56	.00	.58	.00	0.03
B ₁	.44	.00	.45	.00	0.02
B ₂	.44	.09	.51	.00	0.09
C ₁	.50	.00	.50	.00	0.00

Auch im Fall der IF gelingt es uns nicht, einen Moderator zu identifizieren, der nicht nach dem 'Komponenten-Modell' funktioniert (s. Abschnitt 6.2.). Die Unterschiede der z-transformierten Korrelationskoeffizienten sind durchweg nicht systematisch, sondern im starken Maße zufällig.

9.5 DISKUSSION DER UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE

Wir gingen von der Annahme aus, daß bei geringer Komplexität des Reaktionsverhaltens nur eine schwache Kovariation mit Indices für Orientierungsreaktionen zu beobachten ist.

Wie wir aufgrund der Ergebnisse sehen, finden wir keine Beziehung zwischen Orientierungsverhalten einerseits und einer Variabilität des Reaktionsverhaltens auf der anderen Seite.

Dies ist unmittelbar einsichtig; wir hatten als Auslöser von Orientierungsverhalten sowohl die Neuheit von Reizeinwirkungen, das Überraschungsmoment als auch die Konfliktsituation angeführt.

Die Situation, wie sie sich den Versuchspersonen im RT-Versuch darstellt, hat aber weder einen hohen Neuigkeitsgrad noch beinhaltet sie Überraschungen für die Versuchspersonen. Die Reiz-Reaktionsabfolge ist einmal

festgelegt, und es besteht nur noch im beschränkten Maße Unsicherheit über den Zeitpunkt des Auftretens des Signals, auf das reagiert werden soll; diese Unsicherheit wird zusätzlich durch ein Vorwarnsignal verringert.

Für die Versuchsperson ergibt sich eine Situation, die in keiner Weise einen Entscheidungsprozess verlangt, der kognitive Prozesse i.w.S. impliziert. Die Verhaltensabfolge ist durch die Instruktion, 'so schnell als möglich auf den Reiz zu reagieren', festgelegt.

So werden auch die Kovariationen der von uns angeführten Variablen mit dem Reaktionsverhalten interpretierbar: Man kann sie alle im Sinne einer allgemeinen Disposition einer Versuchsperson, zu reagieren, auslegen. Beispielsweise erfaßt die Schwarz-Weiß-Lesezeit im STROOP u.a. das persönliche Tempo einer Person, auf gegebene Reize zu reagieren, das in keiner Weise eine zusätzliche Entscheidung verlangt. Der Ruhetonus im EMG wie auch die 'emotionale Labilität' einer Versuchsperson sind gleichermaßen Ausdruck einer generellen Reaktionsbereitschaft. Mit anderen Worten: ein Proband, der unruhig ist, der beispielsweise eine relativ starke Veränderung des Muskeltonus schon in Ruhe zeigt, wird eine relativ lange Reaktionszeit benötigen, selbst, wenn es sich um einen Reiz mit geringem Neuigkeitswert handelt. Die 'emotionale Labilität' eines Probanden kann dazu führen, daß trotz Ankündigung eines kritischen Reizes eine notwendige 'Konzentration', die für eine adäquate (schnelle) Reaktion notwendig wäre, nicht vorhanden ist.

In unserer zweiten Fragestellung gingen wir von der Annahme aus, daß bei steigender Komplexität eine stärkere Kovariation mit Orientierungsreaktionen zu beobachten ist. In der von uns durchgeführten Tracking-Aufgabe ist es weniger der Neuigkeitsgrad von Reizen oder die Konfliktsituation als vielmehr das Überraschungsmoment, das als Auslöser für ein beobachtetes Orientierungsverhalten angesehen werden muß. Ein an sich bekanntes Ereignis (die Veränderung der Zeigerstellung) kann hinsichtlich seines Auftretens nicht genau vorhergesagt werden.

Die Motorik muß sich in einer Art permanenten Alarm-Zustandes befinden; jederzeit bereit für eine schnelle Reaktion.

Die erwarteten Zusammenhänge zwischen dem Fehler im Tracking-Versuch und Indices für Orientierungsreaktionen sind durch die Variablen 'Veränderung der Vasokonstriktion am Finger' bzw. 'Stabilität des Muskeltonus bei 100 dB' gegeben.

Ein stärkerer Fehler im Tracking-Versuch heißt, die Versuchsperson ist nicht imstande, die Abweichungen von den geforderten Soll-Werten schnell nachzuregulieren. Die Vasokonstriktion am Finger deutet darauf hin, daß in Situationen mit hohem Überraschungswert (wie sie in der Tracking-Aufgabe gegeben sind) es zuerst zu einer Defensiv- bzw. Abwehrreaktion der Versuchsperson kommt, ehe eine adäquate Reaktion (d.h. Anpassung an den Soll-Wert) erfolgt. Die Stabilität des Muskeltonus bei 100 dB scheint gleichermaßen eher Ausdruck einer Abwehrreaktion zu sein. Der Proband versucht, intensive Außenreize teilweise zu blockieren. Das hat zur Folge, daß auf geringe Sollwert-Abweichungen nicht oder nur stark verzögert reagiert wird. Damit wächst aber die Fehlerrate sehr schnell an.

Die Interdependenz zwischen Orientierungsindices und Reaktionsverhalten ist am stärksten im Fall des Distractionsexperiments, in dem sich die Versuchsperson einer Konfliktsituation gegenübergestellt sieht.

Wir beobachten die Auswirkung simultan widersprüchlicher Informationen auf das Verhalten. Visuelle und auditive Informationen gleicher Bedeutung werden teilweise simultan dargeboten, wobei nur auf die Information eines 'Kanals' reagiert werden soll. Die bestehende Entscheidungsunsicherheit kann nur dadurch reduziert werden, daß die einkommende Information mit einem schon vorhandenen Erwartungsmuster (bedingt beispielsweise durch eine entsprechende Instruktion) verglichen wird. Der Organismus versucht sich zusätzliche Information zu beschaffen und das also stärker, je ähnlicher die positiv und negativ zu kategorisierenden Informationsmerkmale sind.

Für die Versuchsperson bedeutet dies ein großes Maß an Flexibilität, da so schnell wie möglich zwischen einkommender Information und bestehendem Erwartungsmuster verglichen werden muß. Es muß eine Entscheidung gefällt werden, ob eine Reaktion zu erfolgen oder zu unterbleiben hat;

währenddessen kann aber schon der nächste Reiz auftreten, wobei erschwerend hinzukommt, daß eine Taktgebundenheit der Reize nur bedingt vorliegt. Die Kovariation mit dem Alter scheint uns trivial. Die Variabilität und der langsame Anstieg des Muskeltonus deuten auf die Schwierigkeit und zeitliche Verzögerung hin, die beim Vergleich von einkommender Information mit einem vorhandenen Muster auftritt. Eine verlangsamte Reaktionsbereitschaft hat zur Folge, daß die Versuchsperson unter Zeitdruck entscheiden muß, da schon der nächste Reiz auftreten kann. Es kommt zu einer Erhöhung der Fehlerquote, da teilweise keine richtige Entscheidung mehr getroffen werden konnte.

Unsere letzte Annahme, vorhandene Interdependenzen zwischen dem Reaktionsverhalten und Orientierungsreaktionen unter Berücksichtigung von Moderatoren noch prägnanter herausarbeiten zu können, konnte nicht nachgewiesen werden. An dieser Stelle sollte man jedoch vermerken, daß die Auswahl der zugrunde gelegten Moderatoren (Alter, Geschlecht und Intersensorische Facilitation) nicht den Anspruch von Repräsentativität erhebt, doch war über die wechselseitige Verknüpfung der von uns in einen multivariaten Ansatz eingebrachten Variablen kein umfassendes theoretisches Konzept vorhanden. So mußte eine erste Auswahl an Moderatoren mehr zufällig geschehen.

Zusammenfassend stellen wir fest: es scheint die Annahme gerechtfertigt, daß eine Kovariation zwischen der Reaktionsform auf unterschiedlich komplexe Reizgegebenheiten und Indices für Orientierungsreaktionen besteht. Mit anderen Worten: bei einer Reaktion auf wenig komplexe Reizkonstellationen, die wenig 'neue' Information beinhalten, beobachten wir einen systematischen Zusammenhang mit physiologischen Veränderungen, die für Orientierungsreaktionen stehen. Je komplexer die Reizkonstellation, desto stärker der Zusammenhang zwischen Reaktionen auf diesen Reiz und Orientierungsverhalten.

9.6 ABSCHLIESSENDE BEMERKUNGEN

Wir glauben aufgezeigt zu haben, daß eine multivariate Interdependenzanalyse des Reaktionsverhaltens 'sinnvoll' ist. Diese Annahme liegt u.a. darin begründet, daß der Nachweis einer systematischen Beziehung (bzw. signifikanten Beziehung) allein als nicht ausreichend angesehen werden darf (was letztlich aber bei den meisten bivariaten Fragestellungen in der Reaktionszeitforschung zu beobachten ist).

Nur der Aufweis einer 'ausreichenden' Varianzdetermination sollte uns genügen, um ein vorliegendes Ergebnis und zusätzliche Annahmen weiterzuverfolgen, wobei uns eine multivariate Analyse das adäquate Vorgehen zu sein scheint.

Diese Varianzdetermination zerfällt in unterschiedliche Anteile. Wir konnten zeigen, daß sowohl psychologische als auch physiologische Komponenten innerhalb einer gemeinsamen Analyse Erklärungswert erlangen, wobei die partielle Kovariation dieser Komponenten selbstverständlich mitberücksichtigt werden muß.

Zahlreiche Aspekte sind von uns nicht gemessen worden, die einen zusätzlichen Teil der nicht erklärten Varianz hätten aufdecken können. Das liegt mit Einschränkung an der übergreifenden Fragestellung; uns interessierte die Annahme, in wieweit verschiedene komplexe Reaktionsformen mit unterschiedlichen Personendaten i.w.S. kovariieren.

Wir glauben weiterhin behaupten zu können, daß die von uns aufgezeigten Interdependenzen relativ stabil sind. Die durchgeführten Analysen zeigen keine systematisch abweichenden Ergebnisse für ausgewählte Moderatoren wie Geschlecht, Alter und Intersensorische Facilitation.

In wieweit die von uns referierte Untersuchung den Bereich der Grundlagenforschung verläßt oder verlassen kann, ist schwer zu beantworten. Zweifelsohne drängt sich gerade in dem hier angeschnittenen Bereich die Notwendigkeit der angewandten Forschung auf. Wir glauben, daß

'praktische' Verhaltensvorhersagen nur auf der Basis einer differenzierten Kenntnis der psychischen Funktionen möglich sind, was letztlich erfordert, von Interdependenz- auf Dependenzanalysen überzugehen.

10. ANHANG

INHALTSVERZEICHNIS:

Tabelle 10.1.	Multiple Korrelation mit 'Verpaßte Signale bei Distraction ohne Akustik' als Kriterium	167
Tabelle 10.2.	Multiple Korrelation mit 'Verpaßte Signale bei Distraction mit Akustik' als Kriterium	168
Tabelle 10.3.	Multiple Korrelation mit 'Reaktionszeit bei Distraction ohne Akustik' als Kriterium	169
Tabelle 10.4.	Multiple Korrelation mit 'Reaktionszeit bei Distraction mit Akustik' als Kriterium	170
Tabelle 10.5.	Multiple Korrelation mit 'Anzahl der Treffer bei Distraction ohne Akustik' als Kriterium	172
Tabelle 10.6.	Multiple Korrelation mit 'Anzahl der Treffer bei Distraction mit Akustik' als Kriterium	173
Tabelle 10.7.	Multiple Korrelation mit 'Tracking-Fehler Anfang 85 dB' als Kriterium	174
Tabelle 10.8.	Multiple Korrelation mit 'Tracking-Fehler bei 85 dB und schwieriger Aufgabe' als Kriterium	175
Tabelle 10.9.	Multiple Korrelation mit 'Tracking-Fehler in Ruhe nach 100 dB' als Kriterium	176

Tab.:10.1. Multiple Korrelation mit 'Verpaßte Signale bei Distraktion ohne Akustik' als Kriterium

Prädiktor-Kurzbezg.	Korr. m. Kriterium	standardisierte Gesamt	Even	Beta-Gewichte Odd
EMLA	0.03	.05	-.03	.12
STVT	-0.01	.07	.11	.06
VFA1	-0.09	-.11	-.20	-.02
DVKF	0.03	.10	.01	.14
AVK8	-0.03	-.05	-.05	-.10
AAK1	-0.03	-.04	-.08	.00
AKA8	0.06	.06	.09	.00
SKG8	0.05	.05	.04	.06
AMT1	0.09	.08	.19	-.00
SMG1	-0.06	-.07	-.07	-.07
KMR8	-0.13 ⁺	-.10	-.04	-.14
LMA1	-0.05	-.04	.02	-.12
AMR8	-0.03	-.02	-.12	.08
PVRN	0.07	.03	.04	.02
ALTR	0.29 ⁺⁺	.31	.29	.30
SSWL	0.18 ⁺⁺	.12	.25	.03

$R_{\text{ges}} = .4262$	$RSQ_{\text{ges}} = .1816$	$p = .0000$
$R_{\text{ev}} = .5402$	$RSQ_{\text{ev}} = .2918$	$p = .0000$
$R_{\text{odd}} = .4266$	$RSQ_{\text{odd}} = .1820$	$p = .0310$
$KV_{AB} = .5673$	$KV_{BA} = .5587$	

Betrachtet man die Vorhersage der Kriterien 'Verpaßte Signale ohne (B_3) und mit (B_4) Akustik' (Tab. 10.1. und 10.2.), so läßt sich die bisher bei allen vorangegangenen Prädiktorsätzen beobachtete Stabilität nicht nachweisen. Eine gesicherte Vorhersage der Kriterien muß angezweifelt werden. In den Zufallsstichproben können wir nicht die gleichen relevanten Prädiktoren nachweisen, die in der Gesamtstichprobe den größten

Teil der Vorhersage ausmachen. Darin liegt eine der Ursachen, daß die Kreuzvalidierungen recht schwach ausfallen (zwischen .2542 und .5977). Beim Vergleich von B_3 und B_4 hinsichtlich der Gesamtstichproben lassen sich gleichermaßen keine großen Übereinstimmungen feststellen. Einzig die Variable 'Alter' (wie auch schon bei B_1 und B_2) trägt in beiden Modellen stark zur Vorhersage bei. Wir neigen daher zu der Ansicht, in unseren weiteren Betrachtungen die Prädiktorsätze B_3 und B_4 aus der Diskussion auszuklammern.

Tab.: 10.2. Multiple Korrelation mit 'Verpaßte Signale bei Distraction mit Akustik' als Kriterium

Prädiktor-Kurzbezg.	Korr. m. Kriterium	standardisierte		Beta-Gewichte Odd
		Gesamt	Even	
AVF8	0.06	.06	.02	.10
DVKF	0.01	.06	-.01	.11
REAF	0.06	.06	.18	-.06
AVK8	-0.06	-.09	-.03	-.15
AVK1	0.02	.05	.07	.04
AAK1	-0.06	-.07	-.16	.03
SKG8	0.13 ⁺	.12	.10	.16
SMG1	-0.03	-.05	.06	-.12
KMR8	-0.08	-.05	-.07	-.07
AMR8	0.05	.04	-.01	.09
PVRE	-0.08	-.06	-.02	-.09
PVRN	0.09	.05	.04	.05
ALTR	0.20 ⁺⁺	.15	.07	.20
SSWL	0.23 ⁺⁺	.17	.19	.13
SZEI	-0.14 ⁺⁺	-.07	-.09	-.07

$R_{\text{ges}} = .3947$	$RSQ_{\text{ges}} = .1558$	$p = .0000$
$R_{\text{ev}} = .4274$	$RSQ_{\text{ev}} = .1827$	$p = .0299$
$R_{\text{odd}} = .4604$	$RSQ_{\text{odd}} = .2120$	$p = .0059$
$KV_{AB} = .5977$	$KV_{BA} = .2542$	

Tab.: 10.3. Multiple Korrelation mit 'Reaktionszeit bei Distraction ohne Akustik' als Kriterium

Prädiktor-Kurzbezg.	Korr. m. Kriterium	standardisierte		Beta-Gewichte
		Gesamt	Even	Odd
TSTL	0.09	.08	.09	.06
TSTZ	0.07	.05	.01	.09
EMLA	0.00	.00	-.04	.03
STNT	-0.07	-.06	-.09	.00
STVT	0.01	.05	.04	.08
NERV	-0.04	-.06	-.16	.04
AVF1	-0.03	-.06	-.03	-.07
REAF	0.07	.07	.14	-.02
AVK1	0.04	.06	.06	.02
AAK1	-0.02	-.05	-.09	-.00
LDK8	-0.07	-.10	-.10	-.11
SKG8	0.09	.08	.10	.04
SAM1	-0.04	-.05	-.05	-.15
EMGR	0.07	.08	.19	-.03
PVRN	0.05	.02	.12	-.09
GESH	-0.05	.12	.08	.18
ALTR	0.11 ⁺	-.15	-.08	-.26
SSWL	0.21 ⁺⁺	.25	.15	.31
SZEI	-0.03	-.11	-.06	-.21

$R_{\text{ges}} = .3602$	$RSQ_{\text{ges}} = .1297$	$p = .0006$
$R_{\text{ev}} = .4249$	$RSQ_{\text{ev}} = .1805$	$p = .0335$
$R_{\text{odd}} = .4580$	$RSQ_{\text{odd}} = .2098$	$p = .0068$
$KV_{\text{AB}} = .2645$	$KV_{\text{BA}} = .9401$	

Tab.: 10.4. Multiple Korrelation mit 'Reaktionszeit bei Distraction mit Akustik' als Kriterium

Prädiktor-Kurzbezg.	Korr. m. Kriterium	standardisierte		Beta-Gewichte
		Gesamt	Even	Odd
TSTL	0.01	.07	.06	.08
STNT	-0.07	-.06	-.12	.02
STVT	0.01	.07	.01	.18
AVF1	-0.05	-.06	-.04	-.09
DVKF	-0.01	-.03	-.08	.00
REAF	0.04	.03	.15	-.11
AVK1	0.08	.10	.06	.19
LDK8	-0.04	-.07	-.07	-.09
SKG8	0.05	.05	.05	-.01
SAM1	-0.03	-.06	-.02	-.17
EMGR	0.08	.09	.18	.01
PVRE	-0.08	-.06	-.07	-.08
PVRN	0.07	.05	.14	-.06
GESH	0.08	.09	.00	.19
ALTR	-0.05	-.10	-.09	-.17
SSWL	0.16 ⁺⁺	.19	.12	.21
SFEH	-0.04	-.05	-.11	-.04
SZEI	-0.04	-.10	-.12	-.15

$R_{ges} = .3126$	$RSQ_{ges} = .0977$	$p = .0252$
$R_{ev} = .3914$	$RSQ_{ev} = .1532$	$p = .1557$
$R_{odd} = .4165$	$RSQ_{odd} = .1735$	$p = .0658$
$KV_{AB} = .2047$	$KV_{BA} = .3482$	

Zwei Kriteriumsvariablen, die in keiner Weise den von uns gestellten Anforderungen genügen, sind die Reaktionszeiten der Versuchspersonen im Distractionsexperiment sowohl ohne (B_5) als mit (B_6) Akustik. In beiden Fällen hat die 'Schwarz-Weiss-Lesezeit im Stroop' das höchste Beta-

Gewicht und trägt am meisten zur Vorhersage des Kriteriums bei; dies läßt sich in den Zufallsstichproben jedoch nicht replizieren, und auch die übrigen relevanten Beta-Gewichte ergeben kein einheitliches Bild. Hinzu kommt, daß der gesamte Prädiktorsatz für B_5 nur ca. 13% und bei B_6 nur ca. 10% der Varianz erklärt. Die Koeffizienten der Kreuzvalidierungen liegen zwischen .21 und .35 und runden somit das Bild einer relativ instabilen Lösung ab.

Nicht viel günstiger sieht es aus, zieht man die Anzahl der Treffer im Distractionsexperiment sowohl ohne (B_7) als auch mit (B_8) Akustik als Kriterien heran. Zwar liegt der Anteil der erklärten Varianz (s. Tab. 10.5. und 10.6.) in beiden Fällen bei ca. 17% (.1734 bzw. .1712), doch die Kreuzvalidierungen (.23 bis .57) legen die Vermutung nahe, daß sich auch hier die Vorhersagehierarchie in den Zufallsstichproben nicht replizieren läßt. Diese Vermutung wird bestätigt, denn nur die Variable 'Alter' (B_7) hat in der Gesamt- wie auch den Zufallsstichproben annähernd die gleiche Vorhersagekraft, während dies bei B_8 nur für die Variable 'Schwarz-Weiß-Lesezeit im Stroop' zutrifft.

Tab.: 10.5. Multiple Korrelation mit 'Anzahl der Treffer bei Distraction ohne Akustik' als Kriterium

Prädiktor-Kurzbezug.	Korr. m. Kriterium	standardisierte Beta-Gewichte		
		Gesamt	Even	Odd
AVF1	0.10 ⁺	.06	.12	.03
VFA1	0.09	.09	.21	-.00
DVKF	-0.03	-.11	-.03	-.17
REAF	-0.06	-.08	-.13	.01
AVK8	0.04	.06	.03	.11
AAK1	0.04	.06	.10	-.01
AKA8	-0.06	-.06	-.11	.03
SKG8	-0.05	-.06	-.03	-.07
AMT1	-0.10	-.09	-.18	.01
SAM1	-0.03	-.04	-.09	.00
SMG1	0.03	.05	.06	.05
KMR8	0.13 ⁺	.10	.02	.17
LMA1	0.07	.08	.04	.15
AMR8	0.02	.04	.13	-.03
PVRN	-0.04	.00	.03	-.02
GESH	-0.09	-.04	-.02	-.03
ALTR	-0.24 ⁺⁺	-.22	-.25	-.14
SSWL	-0.19 ⁺⁺	-.16	-.26	-.12
SFEH	-0.03	-.05	-.03	-.06
SZEI	0.11 ⁺	.05	-.04	.07
$R_{ges} = .4137$	$RSQ_{ges} = .1712$	$p = .0000$		
$R_{ev} = .5524$	$RSQ_{ev} = .3051$	$p = .0001$		
$R_{odd} = .3989$	$RSQ_{odd} = .1594$	$p = .1985$		
$KV_{AB} = .4655$	$KV_{BA} = .5681$			

Tab.: 10.6. Multiple Korrelation mit 'Anzahl der Treffer bei Distraction mit Akustik' als Kriterium

Prädiktor-Kurzbezug.	Korr. m. Kriterium	standardisierte Gesamt	Beta-Gewichte Even	Odd
TSTZ	-0.02	-.04	.04	-.14
TSTF	-0.00	-.03	-.03	-.06
NERV	-0.03	.04	.08	-.05
AVF1	0.11 ⁺	.09	.21	.01
AVF8	-0.05	-.06	-.05	-.04
DVKF	0.02	-.04	.07	-.15
REAF	-0.07	-.08	-.20	.07
AVK8	0.02	.04	.01	.05
AAK1	0.08	.08	.15	-.04
LDK8	-0.02	-.04	.08	-.14
AKA8	-0.05	-.05	-.08	-.00
SKG8	-0.11 ⁺	-.09	-.16	-.10
SMG1	0.04	.06	-.04	.14
VMT8	0.03	.03	.05	.02
KMR8	0.13 ⁺	.09	.03	.15
LMA1	0.08	.06	-.01	.15
AMR8	-0.06	-.05	.02	-.13
PVRN	-0.08	-.02	.01	-.04
ALTR	-0.21 ⁺⁺	-.12	-.11	-.11
SSWL	-0.24 ⁺⁺	-.18	-.23	-.14
SZEI	0.11	.10	.10	.11

$R_{\text{ges}} = .4146$	$RSQ_{\text{ges}} = .1734$	$p = .0001$
$R_{\text{ev}} = .5269$	$RSQ_{\text{ev}} = .2776$	$p = .0008$
$R_{\text{odd}} = .4877$	$RSQ_{\text{odd}} = .2379$	$p = .0069$
$KV_{AB} = .3548$	$KV_{BA} = .2341$	

Tab.: 10.7. Multiple Korrelation mit 'Tracking-Fehler Anfang 85 dB'
als Kriterium

Prädiktor- Kurzbezg.	Korr. m. Kriterium	standardisierte Gesamt	Beta-Gewichte Even	Beta-Gewichte Odd
TSTL	-0.06	-.04	-.04	.00
TSTF	0.06	.05	.02	.11
EMLA	-0.02	-.04	.02	-.12
NERV	0.06	.06	.02	.14
AVF8	0.10	.12	.12	.17
VFA1	0.03	.04	.01	.12
REAF	-0.05	-.06	-.15	.08
SKG8	-0.09	-.06	-.03	-.08
SMG1	0.07	.08	.06	.12
EMGR	-0.04	-.05	.06	-.17
VMT8	0.13 ⁺	.16	.33	-.02
KMR8	-0.02	-.04	-.08	.00
LMA1	-0.06	-.06	-.11	-.02
AMR8	-0.01	-.02	-.01	-.01
PVRE	0.00	.00	-.03	.03
PVRN	-0.01	-.02	-.04	-.08
ALTR	-0.04	-.04	.04	-.14
SZEI	-0.03	.06	.13	-.07

$R_{\text{ges}} = .2734$	$RSQ_{\text{ges}} = .0752$	$p = .1041$
$R_{\text{ev}} = .4128$	$RSQ_{\text{ev}} = .1704$	$p = .0394$
$R_{\text{odd}} = .3733$	$RSQ_{\text{odd}} = .1394$	$p = .1618$
$KV_{AB} = -.0802$	$KV_{BA} = .2150$	

Tab.: 10.8. Multiple Korrelation mit 'Tracking-Fehler bei 85 dB und schwieriger Aufgabe' als Kriterium

Prädiktor-Kurzbezg.	Korr. m. Kriterium	standardisierte Gesamt	Beta-Gewichte Even	Odd
TSTL	0.04	.05	.06	.04
EMLA	-0.06	-.05	-.10	-.06
STNT	0.08	.07	.06	.05
STVT	-0.03	-.04	.01	-.09
NERV	0.01	.08	.14	.06
AVF1	0.10	.11	.14	.11
AVF8	-0.06	-.07	-.08	.01
VFA1	0.06	.05	.08	.11
DVKF	-0.06	-.05	-.09	-.01
REAF	-0.07	-.04	-.08	.10
AVK8	-0.15 ⁺⁺	-.14	-.19	-.14
AVK1	-0.07	-.06	-.12	.00
LAK1	0.07	.14	.22	.08
SKG8	-0.11 ⁺	-.08	-.03	-.12
SAM1	0.06	.09	.00	.19
EMGR	0.08	.10	.20	-.00
VMT8	0.04	.04	.09	.06
LMA1	-0.18 ⁺⁺	-.17	-.26	-.04
AMR8	-0.04	-.05	-.11	.00
PVRE	-0.08	-.04	-.03	-.05
PVRN	0.03	.06	.06	.05
GESH	-0.06	-.06	.04	-.19
ALTR	-0.08	-.09	-.02	-.12
SFEH	0.03	-.10	-.18	-.01

$R_{ges} = .4176$	$RSQ_{ges} = .1744$	$p = .0001$
$R_{ev} = .5491$	$RSQ_{ev} = .3015$	$p = .0005$
$R_{odd} = .4474$	$RSQ_{odd} = .2001$	$p = .0860$
$KV_{AB} = .2826$	$KV_{BA} = -.6459$	

Tab.: 10.9. Multiple Korrelation mit 'Tracking-Fehler in Ruhe nach 100 dB' als Kriterium

Prädiktor- Kurzbezug.	Korr. m. Kriterium	standardisierte Gesamt	Beta-Gewichte	
			Even	Odd
STNT	-0.09	-.07	-.08	-.02
STVT	0.02	.06	-.01	.12
NERV	0.08	.07	.01	.10
AVF1	-0.08	-.08	-.15	-.02
DVKF	0.12 ⁺	.13	.12	.17
AVK1	-0.09	-.10	.04	-.16
LAK1	-0.05	-.06	-.04	-.04
SKG8	0.05	.06	.19	-.06
SAM1	-0.09	-.14	-.02	-.25
SMG1	0.08	.07	-.00	.13
VMT8	0.10	.11	.09	.12
KMR8	-0.03	-.06	-.05	-.06
LMA1	0.07	.06	.00	.08
AMR8	-0.07	-.10	-.12	-.07
PVRN	0.06	.07	.00	.09
GESH	0.15 ⁺⁺	.13	-.03	.29
ALTR	-0.09	-.07	.03	-.17
SSWL	0.08	.06	-.00	.10
SZE1	-0.07	-.07	-.14	-.25

$R_{\text{ges}} = .3711$	$RSQ_{\text{ges}} = .1377$	$p = .0004$
$R_{\text{ev}} = .3757$	$RSQ_{\text{ev}} = .1411$	$p = .2405$
$R_{\text{odd}} = .5539$	$RSQ_{\text{odd}} = .3068$	$p = .0001$
$KV_{AB} = .1982$	$KV_{BA} = -.5769$	

LITERATURVERZEICHNIS:

- ADAMS, J.A. Vigilance in the detection of low intensity visual Stimuli, Jour.exp.Psych., 1956,52 204-208
- " Test of the hypothesis of psychological refractory period, Jour.exp.Psych.,1962, 64, 280 - 287
- ADAMS, J.A., HUMES,J.M. & STENSON, H.H. Effects of repeated sessions on human vigilance, Human Factors, 1962,4, 149-158
- ALLUISI, E.A., MULLER, P.F. & FITTS, P.H. An information analysis of verbal and motor responses in a forced-paced serial task, Jour. exp. Psych., 1957, 53, 153-158
- ALPER, T.G. Memory for completed and incompletd tasks as a function of personality: An analysis of group data, Jour. of abn. & soc. Psych.,1946, 41, 403-421
- ANNETT, J. A note on DAVIS' rep. of the expectancy hypothesis, Quart. Jour. of exp. Psych., 1966, 18, 179-180
- ANOCHIN, P.K. Das Problem von Zentrum und Peripherie in der Physiologie der Nerventätigkeit, Gorki, 1935
- ATTNEAVE, F. Informationstheorie in der Psychologie, Bern, 1965
- BAKER, C.H. Toward a theory of vigilance, Can. Journ. of Psych., 1959, 13, 35-42
- " Maintaining the level of vigilance by means of artificial signals, Jour. appl. Psych., 1960, 44, 336-338
- " Signal duration as a factor in vigilance tasks, Science, 1963, 141, 1196-1197
- " Further toward a theory of vigilance, In: BUCKNER, D.N. & McGRATH, J.J. (Ed.) Vigilance: A Symposium. N.Y. McGraw-Hill, 1963, 127-154
- BAKER, C.H. & SIPOWICZ, R.R. Signal detection by multiple monitors, Psych. Record, 1962, 12, 133-137
- BERGUM, B.D. & LEHR, D.J. Vigilance performance as a function of paired monitoring, Jour. of appl. Psych. 1962, 46, 341-343
- BERLYNE, D.E. Conflict, Arousal and Curiosity, N.Y. 1960

- BERNSTEIN, I.H.,
CLARK, M.M. & EDEL-
STEIN, B.A. Journ. exp. Psych. 1969a, 80, 567-569
- " Journ. exp. Psych. 1969b, 81, 405-407
- BERNSTEIN, I.H. Can we see and hear at the same time ? Acta Psych., 1970, 33, 21-35
- BERTELSON, P. Central intermittency twenty years later, Quart. J. exp. Psych. 18, 153-163, 1966
- " Quart. J. of exp. Psych., 1967, 19, 272-279
- BILLS, A.G. Blocking: A new principle in mental fatigue, Amer. J. Psych., 1931, 43, 230-245
- BORGER, R. The refractory period and serial choice reaction, Quart. J. of exp. Psych., 1963, 15, 1-12
- BOTWINICK, J. & THOMPSON, L.W. Components of Reaction Time in Relation to Age and Sex. J. gen. Psych., 1966, 108, 175-183
- " Aspects of RT set during brief intervals in relation to age and sex, J. Ger., 1962, 17, 295-301
- " A research note on individual differences in Reaction Time in Relation to Age, Journ. gen. Psych., 1968, 112, 73-75
- BREDENKAMP, J. Der Signifikanztest in der psychologischen Forschung, Ffm/M. Akademische Verlagsanstalt, 1972
- BRICKENKAMP, J. Experimentelle Untersuchungen zur Beeinflußbarkeit des Reaktionsverhaltens, Psych. & Praxis, 1962, 6, 14-20
- BROADBENT, D.E. Speaking and listening simultaneously, Jour. exp. Psych., 1952a, 43, 267-273
- " Failures of attention in selective listening, Jour. exp. Psych. 1952b, 44, 428-433
- " Noise, paced performance and vigilance tasks, Brit. Journal Psych. 1953, 44, 295-303
- " Perception and Communication, London: Pergamon Press, 1958
- BROADBENT, D.E. & GREGORY, M. Donders b- and c-Reactions and S-R Compatibility, Journ. exp. Psych., 1962, 63, 575-578

- CASTANEDA, A. & PALERMO, D.S. Psychological motor performance as a function of the amount of training and stress, Journ. exp. Psych., 1955, 50, 175-179
- CATTELL, R.B. Personality and motivation: Structure and measurement, N.Y. Brace & World, 1957
- CHERRY, C. Some experiments on the recognition of speech with one and with two ears, J. acc. Soc. Amer. 1953, 25, 975-979
- CHOCHOLLE, R. Variation des temps de réaction auditifs en fonction de l'intensité à diverses fréquences, Année Psych., 1940
- COLQUHOUN, W.P. The effect of a short rest pause on inspection, Ergonomics, 1959, 2, 367-372
- " Temperament, inspection efficiency and time of day, Ergonomics, 1960, 3, 377-388
- " The effect of 'unwanted' signals in a vigilance task, Ergonomics, 1961, 4, 41-52
- COOLEY, W.W. & LOHNES, P.R. Multivariate Procedures for the behavioral sciences, Wiley, N.Y., 1962
- COOLEY, W.W. & MIERZWA, H. The Rorschach Test and the Career Development of Scientists, Cambridge Mass., 1961, Interim Report 5
- CRAIK, K.J.W. Theory of the human operator in control systems II, British J. Psych., 38, 142-148, 1948
- CREAMER, L.M. Event uncertainty, psychological refractory period and human data processing, Journ. exp. Psych. 1963, 66, 187-194
- DARLINGTON, R.B. Multiple Regression in psychological Research and practice, Psych. Bull., 1968, 69, 161-182
- DAVIS, R. Expectancy and intermittency, Quart. J. exp. Psych. 1965, 17, 75-78
- " The limits of the psychological refractory period, Quart. J. exp. Psych., 8, 1956, 24-38
- " The role of 'attention' in the psychological refractory period, Quart. J. exp. Psych., 11, 211-220
- " The human operator as a single-channel information system, Quart. J. exp. Psych., 9, 119-129

- DAVIS, R., MORAY, N. & TREISMAN, A. Imitative responses and the rate of gain of information, *Quart. J. exp. Psych.*, 1961, 13, 78-89
- DEESE, J. Some Problems in the theory of vigilance, *Psych. Rev.*, 1955, 62, 359-368
- DEINIGER, R.L. & FITTS, P.M. Stimulus-Response Compatibility, information Theory and perceptual motor performance, in: QUASTLER, *Information Theory in Psychology*, Glencoe, 1954
- DODGE, R.A. A note on Professor Thorndike's Experiment, *Psych. Rev.*, 1927, 34, 237-240
- DONDERS, F.C. Die Schnelligkeit psychischer Prozesse, Leipzig, 1868, 657-681, *Arch. Anat. Physiol.*
- DRINKWATER, B.L. Speed and accuracy in decision Responses of Men and Women Pilots, *Ergonomics*, 1968, 11, 61-67
- DUFFY, E. Level of muscular tension as an aspect of personality, *J. of gen. Psych.*, 1946, 35, 161-171
- " The psychological significance of the concept of 'arousal' or 'activation', *Psych. Rev.*, 1957, 64, 265-275
- " Activation and behavior, N.Y., Wiley, 1962
- EGAN, J.P., CARTERETTE, E.C. & THWING, E.J. Some factors affecting multi-channel listening, *J. acc. Soc. Amer.* 1954, 26, 774-782
- ELITHORN, A. & LAWRENCE, C. Central inhibition - Some refractory observations. *Quart. J. exp. Psych.*, 1955, 7, 116-127
- ELITHORN, A. & BARNETT, T.J. Apparent individual differences in channel capacity, In: SANDERS, A.F. *Attention and Performance*, Amsterdam, 1967
- ELLIOTT, E. Perception and alertness, *Ergonomics*, 1960, 3, 357-364
- EASTERBROOK, J.A. The effect of emotion on cue utilization and the organisation of behavior, 1959, 66, 183-201
- FAHRENBERG, J. Psychophysiologische Persönlichkeitsforschung, Hogrefe, Göttingen, 1967
- FARBER, I.E. Effects of Anxiety, Stress and Task Variables on Reaction Time, *J. of Pers.* 1966, 25, 1-18
- FITTS, P.M. & DEININGER, R.C. Correspondence among paired elements within stimulus and response codes, *J. exp. Psych.* 1954, 48, 483-492

- FITTS, P.M., SEEGER, C.M. Spatial characteristics of stimulus and response codes, *Journ. exp. Psych.*, 1953, 46, 199-210
- FRANKMAN, J.P. & ADAMS, J.A. Theories of vigilance, *Psych. Bull.* 1962, 59, 257-272
- FITTS, P.M. Human motor learning, In: MELTON, A.W. (Ed.) *Categories of human learning*, 1964
- FRASER, P.C. The relation of an environmental variable to performance in a prolonged visual task, *Quart. J. exp. Psych.*, 1953, 5, 31-32
- FREEMAN, G.L. The facilitative and inhibitory effects of muscular tension upon performance, *Amer. J. Psych.* 1933, 45, 17-52
- FRÖHLICH, W.D. & LAUX, L. Serielles Wahrnehmen, Aktualgenese, Informationsintegration und Orientierungsreaktionen, *Zeitschr. f. exp. & angew. Psych.*, 1969, 16 (2), 250-277
- GAGNE, R.M. *Psychological Principles in System Developments*, Holt, Rinehart, Winston, N.Y., 1962
- GARNER, W.R. & HAKE, H.W. *Psych. Rev.* 58, 446-459, 1951
- GARNER, W.R. An informational analysis of absolute judgments of loudness, *J. exp. Psych.* 1953, 46, 373-380
- " Symmetric uncertainty analysis implications for Psychology *Psych. Rev.*, 1958, 65, 183-196
- GOTTSDANKER, R. & WAY, J.C. *Journ. exp. Psych.*, 1966, 72, 792-804
- GREENBERGER, M.H. & WARD, J.H. An iterative Technique for multiple correlation analysis, *IBM Technical Newsletter*, 1956, 12, 85-97
- GREIF, S. *Intelligenztests*, Lang, Bern/Ffm-M, 1972
- GRICE, G.R. Discrimination reaction-time as a function of anxiety and intelligence, *Journ. abn. & soc. Psych.* 1955, 50, 71-74
- GUILFORD, J.P. *Fundamental statistics in Education and Psychology*, N.Y. 1965
- GUSKI, R. *Reaktionszeiten und Einstellungsurteile*, unveröffentl. Manuskript, Berlin, 1968

- GUTTMAN, L. Image theory for the structure of quantitative variates, *Psychometrika*, 1953, 18, 277-296
- HARLESTON, B.W. The effect of speed-up instruction on spatial stimulus generalisation, *Journ. exp. Psych.*, 1961, 61, 242-244
- HARRIS, C.W. Some Rao-Guttman Relationships, *Psychometrika*, 1962, 27 (3), 247-263
- HAYS, C.W. *Statistics*, Holt, Rinehart, Winston, N.Y. 1970, 3. Auflage
- HEBB, D.O. Drives and the C.N.S. (Conceptual nervous System) 1955, *Psych. Rev.*, 62, 243-254
- HERSHENSON, M. *Jour. exp. Psych.* 1962, 63, 289-293
- HICK, W.E. On the rate of gain of information, *Quart. J. exp. Psych.* 1952, 4, 11-26
- HIRSH, I.J. The Relationship between localization and intelligibility, *Journ. acc. soc. Amer.*, 1950, 22, 196-200
- HÖRMANN, H.,
OSTERKAMP, U.
GUSKI, R. Der Einfluß von Fluglärm auf die Bevölkerung, Teilbericht I, Berlin, 1967
- HOLST, v. E. &
MITTELSTAEDT, H. Das Reafferenzprinzip, *Naturwiss.*, 37, 1950
- HORST, P. Obtaining a composite measure from different measures of the same attributes, *Psychometrika*, 1, 1936, 53-60
- HYMAN, R. Stimulus Information as a determinant of reaction time, *Journ. exp. Psych.*, 1953, 45, 188 - 196
- JENKINS, H.M. The effects of signal rate on performance in visual monitoring, *Amer. Journ. Psych.*, 1958, 71, 647-661
- JERISON, H.J. On the decrement function in human vigilance, In: BUCKNER, D.H. & McGRATH, J. *Vigilance, a symposium*, McGraw-Hill, N.Y., 1963
- " Vigilance: The importance of the elicited observing rate, *Science*, 1964, 143, 970-971
- KAISER, H.F. Image Analysis, In: HARRIS, C.W. (Ed.) *Problems in measuring change*, Madison, Wisc. 1963

- KARLIN, L. Comments on 'expectancy and intermittency', Quart. J. exp. Psych., 1965, 17, 351
- KAY, H. & WEISS, A.D. Relationship between single and serial reaction time, Nature, 1961, 191, 790-791
- KLEMMER, E.T. & MULLER, P.F. The rate of handling information. Key pressing responses to light patterns, HFORL Memo Report, No. 34, 1953
- KLIX, F. Ober Zusammenhänge zwischen Struktur und Dynamik der Informationsverarbeitung beim Menschen, In: Bericht über den 2. Kongress der Gesellschaft für Psychologie in der DDR, Berlin, 1969
- KLIX, F. Information und Verhalten, Huber, Bern, 1971
- KRISTOFFERSON, A.B. Attention in Time discrimination and reaction time, Technical Report No. CR-194, 1965, National Aeronautics and space Administration
- " Attention and psychophysical Time, Acta Psych., 1967, 27, 93-100
- LAPPIN, J.S. & ERIKSON, C.W. Journ. exp. Psych., 1966, 72, 805-811
- LAWLEY, D.N. & MAXWELL, A.E. Factor Analysis as a statistical method, London, 1963
- LAWSON, E.A. Decision concerning the rejected channel, 1961, 13, 53-55
- LEONARD, A. Factors which influence Channel-Capacity, In: Quastler, H. Information Theory in Psychology, Glencoe, 1954
- " Tactual choice reactions, Part 1, Quart. J. exp. Psych., 1959, 11, 76-83
- LEONTJEW, H.J. & KRINTSCHIK, E.P. Einige Besonderheiten des Prozesses menschlicher Informationsverarbeitung, In: LEONTJEW et al. Kybernetik, Denken, Leben, Moskau, 1964
- LEWIN, K. A dynamic theory of Personality, McGraw-Hill, N.Y., 1943
- LINDSLEY, D.B. Psychophysiology and perception, In: The description and analysis of behavior, Pittsb. 1957
- " Emotion, In: STEVENS, S.S. (Ed.) Handbook of exp. Psych. N.Y., Wiley, 1960
- MacKAY, D.M. Quantal aspects of scientific information, Phil. Mag., 1950
- MACKWORTH, N.H. The breakdown of vigilance during prolonged visual search, Quart. Journ. exp. Psych., 1948, 1, 6-21
- " 'Vigilance', Ad. Of Science, 1957, 53, 389-393

- MACKWORTH, J.F. & TAYLOR, M.M. The d' measure of signal detectability in vigilance-like situations, *Can. J. Psych.*, 1963, 17, 302-325
- MAGOUN, W. The waking Brain, Illinois, 1963
- MALMO, R.B. Activation: A neuro-psychological dimension, *Psych. Rev.*, 1959, 66, 367-386
- " Physiological gradients and behavior, *Psych. Bull.*, 1965, 64, 225-234
- MARSHALL, TALBOT & ADES Cortical response of the anesthetized cat to gross photic and elicited afferent stimulation, *J. of Neurophys.* 1943, 6, 1-15
- McCALL, W.A. Measurement, N.Y. 1939
- McCORMACK, P.D. Performance in a vigilance Task as a function of interstimulus interval and interpolated rest, *Can. J. Psych.*, 1958, 12, 242-246
- McGRATH, J.J. Irrelevant stimulation and vigilance performance In: BUCKNER, D.N. & McGRATH, J.J. *Vigilance: A Symposium*, McGraw-Hill, N.Y. 1963
- MERKEL, J. Die zeitlichen Verhältnisse der Willenstätigkeit, *Phil. Studien*, 1885, 2, 73-127
- MILLER, G.A. The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information, *Psych. Rev.*, 1956, 63, 81-97
- MILLER, G.A. & SELFRIDGE, J.A. Verbal context and the recall of meaningful material, *Amer. J. Psych.*, 1950, 63, 176-185
- MORAY, N. Attention in dichotic listening: Affective cues and the influence of instructions, *Quart. Journ. exp. Psych.*, 1959, 12, 214-220
- " Where is capacity limited? A summary and a model, *Acta Psych.*, 1967, 27, 84-92
- MORIN, E.R. & FORIN, B. Mixing of two types of S-R associations in a choice Reaction Time Task, *Journ. exp. Psych.*, 1962, 64, 137-141
- MORRELL, L.K. *Journ. exp. Psych.*, 1968, 77, 14-18
- MOWBRAY, G.H. Simultaneous vision and audition, *Journ. exp. Psych.*, 1952, 44, 292-300
- " The perception of short phrases presented simultaneously for visual and auditory reception, *Quart. J. exp. Psych.*, 1954, 6, 86-92

- MOWBRAY, G.A. & RHOADES, M.V. On the reduction of choice reaction times with practice, *Quart. J. Exp. Psych.*, 1959, 11, 16-23
- MOWRER, O.H. Preparatory set (expectancy) - Some methods of measurement, *Psych. Mono.* 1940, 52, 2
- NICELY, P.E. & MILLER, G.A. Some effects of unequal spatial distribution on the detectability of radar targets, *J. Exp. Psych.*, 1957, 53, 195-198
- NICKERSON, R.S. Response Time to the second of two successive signals as a function of absolute and relative duration of intersignal intervals, *Perc. & Mot. Skills*, 1965, 21, 3-10
- " Expectancy, waiting time and the psychological refractory period, *Acta Psych.*, 1967, 23-31
- " *Perc. & Psych.*, 1968, 4, 78-80
- " The effect of preceding and following auditoring stimuli on response times to visual stimuli, *Acta Psych.*, 33, 1970, 5
- PAVLOV, I.P. *Conditioned Reflexes*, Oxford, Clarendon Press, 1927
- PAWLIK, K. *Psych. Maße der Aktivierung*, *Zeitschr. f. exp. ang. Psych.*, 1963, 10, 19-34
- PETERSON, L.R. & KROENER, S. Dichotic stimulation and retention, *J. exp. Psych.* 68, 125-130, 1964
- PIERCE, J.R. & KARLIN, J.E. Reading rates and the information rate of human channel, *Bell. Syst. Tech.*, 1957, 36, 497
- PIERON, H. Nouvelles recherches sur l'analyse du temps de latence sensorielle et sur la loi qui relie ce temps à l'intensité de l'excitation, *Année Psych.*, 22, 58-142
- POLLACK, I. The information of elementary auditory displays *J. ac. soc. Amer.*, 1952, 24, 745-749
- POULTAN, E.C. Perceptual anticipation and reaction time, *Quart. J. exp. Psych.*, 1950, 2, 95-112
- " Two channel-listening, *Journ. exp. Psych.*, 1953, 46, 91-96
- RAAB, D. & FEHRER, E. *Journ. exp. Psych.*, 1962, 326-327
- RABBITT, P.M.A. Effects of independent variations in stimulus and response probability, *Nature*, 1959, 183, 12

- REYNOLDS, D. Time and event uncertainty in unisensory reaction time, Journ. exp. Psych., 1966, 71, 286-293
- ROHRMANN, B. unveröffentl. Manuskript, Hamburg, 1972
- SANDERS, A.F. Psychologie der Informationsverarbeitung, Huber, Bern, 1971
- SCHÜNPFLUG, W. Retention und Aktivierung bei zusätzlicher Beanspruchung durch körperliche Tätigkeit, Zeitsch. f. exp. angew. Psych., 1964, 11, 130-154
- SCHÜMER, R. & SCHÜMER-KOHR, A. unveröffentl. Manuskript, Mannheim, 1968
- SHANNON, C.E. & WEAVER, W. The mathematical theory of Communication, III. Press, Urbana, 1949
- SIMON, J.R. Choice reaction time as a function of auditory S-R Correspondence, Age and Sex, Ergonomics, 1967, 10, 665-673
- SIMON, J.R. & WOLF, J.D. Choice reaction time as a function of auditory S-R Correspondence and Age, Ergonomics, 1963, 6, 99-105
- SMITH, M. Reaction time to a second stimulus as a function of intensity of the first stimulus, Quart. J. exp. Psych., 19, 125-132, 1967
- SOKOLOV, E.N. Higher nervous activity and the problem of perception, 14. International Congress of Psychol., Montreal, 1954
- SOKOLOV, N.H. Die Orientierungsreaktion und explorative Tätigkeit, Moskau, 1958
- SOKOLOV, E.N. Perception and the conditioned reflex, Univ. Press, Moscow, 1963 (Oxford-London)
- SOKOLOV, E.N. Die reflektorischen Grundlagen der Wahrnehmung, In: HIEBSCH, H. et al. (Hrsg.) Ergebnisse der russischen Psychologie, Berlin, 1967, 61-93
- SUCI, I.G., DAVIDOFF, D.M., SURWILLO, W.W. Reaction time as a function of stimulus information and Age, 1960, 60, 242-244, Journ. exp. Psych.
- SUMBY, W.H. & POLLACK, I. Short-time processing of information, HFORL Report, TR-54-6, 1954
- STENNETT, R.G. The relationship of performance level to level of arousal, Journ. exp. Psych., 1957, 54, 54 - 61

- TAYLOR, J. Drive theory and manifest anxiety, Psych. Bull., 1956, 53, 303-320
- TEICHNER, W.M. Probability of detection and speed of response in simple monitoring, Human factors, 1962, 4, 181-186
- TEICHNER, C.W., REES, E., REILLY, R. Noise and human performance: a psychophysiological approach, Ergonomics, 1963, 6, 83-97
- TELFORD, C.W. Refractory phase of voluntary and associative response, Journ. exp. Psych. 1931, 14, 1-35
- THORNDIKE, E.L. The refractory period of associative processes, Psych. Rev. 1927, 34, 234-236
- TOLIN, P. & SIMON, J.R. Effects on Task Complexity and Stimulus duration on perceptual-Motor Performance of two disparate Age groups, Ergonomics, 1968, 11, 283-290
- TREISMAN, A.M. Contextual cues in selective listening, Quart. J. exp. Psych., 1960, 12, 242-248
- " Verbal cues, language and meaning in selective attention, Amer. J. Psych., 1964a, 77, 206-219
- " The effect of irrelevant material on the efficiency of selective listening, Amer. J. Psych., 1964b, 77, 533-546
- TREISMAN, A.M. & GEFFEN, G. Selective Attention: Perception or response ? Quart. J. exp. Psych., 1967, 19, 1-17
- TULVING, E. & LINDSAY, P.M. Identification of simultaneously presented simple visual and auditory stimuli, Acta Psych., 1967, 27, 101-109
- ÜBERLA, K. Faktorenanalyse, Springer, Berlin, 1968
- VELDMAN, D.J. Fortran Programming for the behavioral Science, Holt, Rinehart, Winston, N.Y. 1967
- VINCE, V. The intermittency of control movements and the psychological refractory period, Brit. J. Psych., 38, 149-157, 1948
- WACHTEL, P.L. Anxiety, Attention and coping with threat, Journ. of abn. & soc. Psych., 1968, 73, 137-143
- WEBB, W.B. & WHERRY, R.J. Vigilance in prolonged and repeated sessions, Perc. and Mot. Skills, 1960, 10, 111-114
- WEBSTER, R.G. & HASLERUD, G.M. Influence on extreme peripheral vision of attention to a visual or auditory task, Journ. exp. Psych., 1964, 68, 269-272

- WELFORD, A.T. Evidence of a single-channel decision mechanism limiting performance in a serial reaction task, Quart. J. exp. Psych., 1959, 11, 193-210
- " Arousal, channel-capacity and decision, Nature, 1962, 194, 365-366
- " Fundamentals of Skill, Methuen, London, 1968
- WENAR, C. Reaction time as a function of manifest anxiety and stimulus intensity, Journ. abn. soc. Psych., 1954, 49, 335-340
- WENGER, M.A. A factorial approach to physiological relationship. Amer. Psych., 1946, 1, 454
- WILKINSON, R.T. Evoked response and reaction time, In: Attention and performance Ed: SANDERS, A.F. Amsterdam, North Holland Publ. Co., 1967
- WOODSWORTH, R.S. & SCHLOSSBERG, H. Experimental Psychology, Holt. Rinehart, Winston, N.Y., 1962
- WORREL, L. & WORREL, J. Journ. of general Psych. 1963, 69, 235-245
- YATES, A.J. Delayed auditory feedback and shadowing, Quart. J. exp. Psych., 1965, 17, 125-131

Lebenslauf

- 1942 Geboren in Berlin als 3. Kind des Studienrats Dr.R.
Liepmann und seiner Ehefrau Edith
- 1945 Evakuierung und Flucht nach Lauterbach/Hessen
- 1949- Besuch der Grundschule in Göttingen
1953
- 1953- Besuch des mathematisch-naturwissenschaftlichen und
1962 neusprachlichen Gymnasiums in Göttingen, Abitur
- 1962- Studium an der PH Berlin
1964
- 1964- Studium der Psychologie und Publizistik an der
1968 Freien Universität Berlin; Erlangung des Grades
eines Diplompsychologen
- 1968- Forschungsassistent bei der Deutschen Forschungs-
1971 Gemeinschaft
- 1971- Wissenschaftlicher Assistent am Institut für Psychologie
1975 im Fachbereich Erziehungswissenschaften an der Freien
Universität Berlin

